



Universidad Politécnica de Madrid  
Escuela Universitaria de Informática

Máster Universitario en Ciencias y Tecnologías de la Computación

# ***Smart Products: Una Revisión Sistemática de la Literatura***

*Proyecto Fin de Máster*

Autor: César Gutiérrez Tapiador  
Director: Juan Garbajosa Sopeña

Julio de 2012

<b>Título de Máster:</b>	Máster en Ciencias y Tecnologías de la Computación							
<b>Título del Proyecto Fin de Máster:</b>	Smart Products: Una Revisión Sistemática de la Literatura							
<b>Tutor coordinador:</b>	Juan Garbajosa Sopeña							
<b>Otros tutores:</b>								
<b>Autor o autores:</b>	César Gutiérrez Tapiador							
<b>Objetivos:</b>	<p>Analizar las diferentes definiciones de <i>Smart Products</i> (<i>Productos Inteligentes, Smart Products en terminología inglesa, ampliamente utilizada</i>) que aparecen en la literatura con el objeto de estudiar los diferentes matices y alcances que ofrecen para valorar si es posible obtener una definición de consenso que satisfaga a todas las partes, y especificarla. Estudiar los puntos en común que tienen con <i>Autonomic Computing</i> (<i>Computación Autónoma, Autonomic Computing en terminología inglesa, ampliamente utilizada</i>), con el fin de valorar si <i>Autonomic Computing</i> es un enfoque adecuado para especificar, y diseñar <i>Smart Products</i>, dada la proximidad conceptual entre <i>Smart products</i> y <i>Autonomic Computing</i>.</p>							
<b>Descripción:</b>	<p>Se ha realizado de una revisión sistemática de la literatura para identificar, evaluar e interpretar la literatura disponible relativa a los <i>Smart Products</i> que permita responder a las preguntas de investigación planteadas en el proyecto. <u>Se ha especificado una definición de consenso de <i>Smart product</i> y se han identificado los aspectos comunes entre <i>Smart products</i> y <i>Autonomic Computing</i> que podrán ser aplicados en la especificación y diseño e implementación de <i>Smart products</i>.</u></p>							
<b>Aprobación:</b>	Vº Bº del tutor o tutores  Fdo.:	Vº Bº de la Comisión de Ordenación Académica de Postgrado  Fdo.:						
<b>Autorización de la defensa:</b>	Vº Bº del tutor o tutores  Fdo.:							
<b>Calificación del Proyecto Fin de Máster:</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">Presidente</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Vocal</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Secretario</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="height: 100px; vertical-align: bottom;">Fdo.:</td> </tr> </table>		Presidente	Vocal	Secretario	Fdo.:		
Presidente	Vocal	Secretario						
Fdo.:								

## Resumen

**Objetivo:** Existe una proliferación de los llamados *Smart Products*. Ello es debido a que cada vez se apueste más por este tipo de productos tanto en la vida cotidiana como en el sector industrial. Sin embargo el término *Smart Product* se utiliza con diferentes acepciones en diferentes contextos o dominios de aplicación. La utilización del término con una semántica diferente de la habitual en un contexto puede llevar a problemas serios de comprensión. El objetivo de este trabajo es analizar las diferentes definiciones de *Smart Products—Productos Inteligentes, Smart Products en terminología inglesa, ampliamente utilizada—*que aparecen en la literatura con el objeto de estudiar los diferentes matices y alcances que ofrecen para valorar si es posible obtener una definición de consenso que satisfaga a todas las partes, y especificarla. Con el fin de poder abarcar definiciones conexas introducimos el concepto *Smart Thing*—este concepto incluirá aquellas definiciones que puedan estar relacionadas con los *Smart Products*, como es el caso de los *Intelligent Products, Smart Objects, Intelligent Systems, Intelligent Object*. Para poder analizar las diferentes definiciones existentes en la literatura existente realizamos una Revisión Sistemática de la Literatura. El enfoque de Computación Autónoma—*Autonomic Computing*—tiene varios aspectos en común con *Smart Products*. Por ello una vez analizadas las diferentes definiciones existentes en la literatura hemos procedido a estudiar los puntos en común que tienen con *Autonomic Computing*, con el fin de valorar si *Autonomic Computing* es un enfoque adecuado en el que nos podamos apoyar para especificar, y diseñar *Smart Products*.

**Método:** Realizamos una revisión sistemática de la literatura de los artículos que fueron publicados entre enero de 2008 hasta abril de 2012. Seleccionamos 2008 como año de partida ya que detectamos que a partir de las publicaciones de Maas et al. en 2007 apareció un incremento de las publicaciones relacionadas con *Smart Products*. Seguimos las directrices de Kitchenham para la realización de la revisión. Se ha realizado una síntesis de los conceptos identificados, y el resultado se ha contrastado con los fundamentos teóricos de Computación Autónoma.

**Resultado:** Localizamos 26 artículos que respondían a los criterios establecidos para la revisión de la literatura a los que aplicamos la extracción y síntesis de datos para obtener un contexto de los artículos y una respuesta a las preguntas de investigación planteadas: viabilidad de encontrar una definición consensuada de *Smart Product* y la aplicación *Autonomic Computing* en especificación, diseño e implementación de *Smart products*. En cuanto al estudio de las definiciones existentes para *Smart Thing* observamos que existen dos grandes grupos: aquellas que hablan de *Smart Product* y aquellas que hablan de *Intelligent Product*. Las definiciones más utilizadas son la definición de *Smart Product* propuesta por Mühlhäuser, con un 23% y la definición de *Intelligent Product* propuesta por Mcfarlane et al., con un 27%; seguidas por la definición de *Smart Product* propuesta por Maass y Jazen, con un 19%. Se observa que un 35% de los autores, no aportan una definición de *Smart Thing* y un 19% da una definición propia, esto muestra una clara necesidad de establecer una definición común a la hora de hablar de un *Smart Product*. Esta definición se ha establecido. En respuesta a si *Autonomic Computing* puede ayudar a la hora de diseñar *Smart Products* se puede concluir que sí. Por un lado las características de *Autonomic Computing* son las que más ayudan, la característica más utilizada

es la de conciencia del entorno referenciada en un 80% de los artículos, seguida por la conciencia de sí mismo con un 76% y por el auto-control y el auto-ajuste con un 61%. En cuanto a las tareas de gestión de *Autonomic Computing* la que más ayuda es la de auto-configuración con un 62% de los artículos, seguida por la de auto-optimización con un 34% y la de auto-recuperación con un 15%, la auto-protección sería la que menos ayudaría, apareciendo en un 3%.

*Conclusión:* Existen diferentes definiciones para hablar de *Smart Thing*, observamos que podemos referirnos a *Intelligent Products* y *Smart Products* con el mismo significado en determinados contextos; el resto de conceptos—*Smart Objects*, *Intelligent Systems*, *Intelligent Object*—no aportan valor al estudio, ya que los autores no dan definiciones o se basan en las definiciones de *Smart Product* *Smart Product* o de *Intelligent Product*. Estas definiciones tienen una serie de características comunes y otras que diferencian a *Smart Products* de *Intelligent Products*. A la hora de diseñar un *Smart Thing* nos podemos apoyar en el conocimiento previo que tengamos de *Autonomic Computing*.

## Contenido

1	Introducción .....	9
1.1	Introducción .....	9
1.2	Contenido de la Tesis .....	9
2	Bases y Trabajo Relacionado .....	11
2.1	Relevancia de los Smart Products en el Desarrollo de Productos Innovadores .....	11
2.2	Autonomic Computing .....	13
3	Planificación de la Revisión .....	16
3.1	Método.....	16
3.2	Objetivos de la Revisión y Preguntas de Investigación .....	17
3.2.1	Metodología de la revisión.....	17
3.2.2	Implementación de la revisión .....	18
3.3	Estrategia de Búsqueda.....	19
3.4	Criterios de Inclusión y Exclusión .....	19
3.5	Extracción de Los Datos .....	21
3.5.1	Año de Publicación .....	22
3.5.2	Método de Investigación.....	22
3.5.3	Tipo de Sistema Software.....	22
3.5.4	Definición .....	23
3.5.5	Relación con Autonomic Computing.....	24
3.6	Criterios Para Evaluar cada Estudio.....	26
3.7	Síntesis de los Datos Extraídos.....	28
4	Análisis y Resultados .....	31
4.1	Visión General del Estudio .....	31
4.1.1	Año de Publicación (P1).....	31
4.1.1.1	Resultados .....	31
4.1.1.2	Análisis y Discusión.....	31
4.1.2	Método de Investigación (P2) .....	32
4.1.2.1	Resultados .....	32
4.1.2.2	Análisis y Discusión.....	32
4.1.3	Tipo de Sistema Software (P3) .....	33
4.1.3.1	Resultados .....	33
4.1.3.2	Análisis y Discusión.....	35

4.2	Definición de Smart Product (RQ1) .....	36
4.2.1	Resultados .....	36
4.2.2	Análisis y Discusión.....	40
4.3	Estudio Las Definiciones de Smart Products Desde la Perspectiva de Autonomic Computing (RQ2).....	50
4.3.1	Resultados .....	50
4.3.2	Análisis y Discusión.....	55
5	Discusión y Conclusión .....	58
5.1	Resumen de los Resultados.....	58
5.2	Conclusión .....	59
5.2.1	¿Qué es un Smart Product?.....	60
5.2.2	¿Puede ayudar el conocimiento previo de <i>Autonomic Computing</i> a la hora de especificar y diseñar las características de un <i>Smart Products</i> ? .....	60
5.3	Trabajo futuro .....	61
	Referencias.....	62
	Anexo A. Estudios Seleccionados .....	64

## Índice de Tablas

Tabla 1 - Preguntas de investigación.....	18
Tabla 2 - Fuentes obtenidas en las bases de datos.....	19
Tabla 3 - Fuentes obtenidas tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión.....	20
Tabla 4 - Propiedades para extracción de datos.....	21
Tabla 5 - Formulario para la extracción de datos de los artículos .....	26
Tabla 6 – Año de publicación de los artículos .....	31
Tabla 7 - Método de Investigación utilizado en los artículos.....	32
Tabla 8 - Tipo de sistema software empleado en los artículos .....	33
Tabla 9 - Comparativa de las características de las definiciones de <i>Smart Product</i> [S2] .....	38
Tabla 10 - Definición de <i>Smart Product</i> empleada en los artículos .....	40
Tabla 11 – Contexto de la aplicación de la definición de <i>Smart Product</i> .....	43
Tabla 12 - Agrupación de características comunes de las diferentes definiciones.....	47
Tabla 13 – Relación de <i>Smart Products</i> con <i>Autonomic Computing</i> en los artículos.....	51

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1- Estrategias para hacer <i>Smart Products</i> [5].....	13
Ilustración 2 - Propiedades de <i>Autonomic Computing</i> [6] .....	15
Ilustración 3 - Pasos para la realización de una SLR [11] .....	18
Ilustración 4 – Gráfica comparativa de fuentes originales y filtradas por los criterios.....	20
Ilustración 5 - Clasificación del Software [15] .....	23
Ilustración 6 - Proceso de evaluación de los artículos seleccionados.....	28
Ilustración 7 - Proceso de síntesis basado en [14] .....	30
Ilustración 8 –Gráfica del año de publicación de los artículos.....	31
Ilustración 9 – Gráfica del método de investigación utilizado en los artículos.....	32
Ilustración 10 – Gráfica del tipo de sistema software empleado en los artículos .....	35
Ilustración 11 - Impacto en la industria en base al tipo de sistema software .....	36
Ilustración 12 – Gráfica de la definición de <i>Smart Product</i> utilizada en los artículos .....	41
Ilustración 13 – Gráfica de distribución del contexto en relación a las diferentes definiciones .....	44
Ilustración 14 – Gráfica de distribución del contexto en base al grupo de definición.....	44
Ilustración 15 – Metamodelo para la definición de <i>Smart Thing</i> .....	46
Ilustración 16 - Ontología para la definición de <i>Smart Thing</i> .....	48
Ilustración 17 - Ontología para la aplicación del contexto de las definiciones de <i>Smart Thing</i> .....	49
Ilustración 18 – Gráfica de referencias a tareas de gestión de AC en los artículos .....	55
Ilustración 19 – Gráfica de referencias a características de AC en los artículos .....	55
Ilustración 20 - Metamodelo para la representación de la relación AC con <i>Smart Thing</i> .....	56
Ilustración 21 – Ontología para la representación de la relación AC con <i>Smart Thing</i> .....	57





# 1 INTRODUCCIÓN

*Este capítulo presenta una breve introducción al estudio y la motivación que ha llevado a realizar dicho estudio.*

## 1.1 INTRODUCCIÓN

En la última década las empresas han ido centrando sus esfuerzos en presentar productos innovadores que puedan destacar sobre sus competidores.

El uso de las nuevas tecnologías ha facilitado la innovación de los productos y ha hecho que aparezcan los llamados *Smart Products*. Productos que son capaces de utilizar información sobre sí mismos, sobre el entorno en el que se ejecutan y son capaces de operar con otros productos de su entorno, con el fin de ofrecer una funcionalidad que le haga ser diferente a los productos ofrecidos por la competencia.

Los productos concentran cada vez más conocimiento y son más complejos en su diseño. Por un lado nuestro estudio se centra en especificar una definición de *Smart Product* que refleje los diferentes aspectos reflejados en la literatura existente sobre el tema, y que permita servir como punto de partida de consenso para analizar los estudios existentes y como base para futuros estudios. Una vez identificada una definición de *Smart Product* analizaremos y estableceremos la relación con la base conceptual de *Autonomic Computing*. Esto es posible pues como se mostrará, los “smart products” y “autonomic computing” comparten dichos conceptos. El objetivo será aportar la base que permita, de manera sistemática y fundamentada, aplicar el conocimiento relativo a *Autonomic Computing* como forma de facilitar la especificación y el diseño de los llamados *Smart Products*.

El objetivo inicial de este trabajo fue establecer en qué medida podía ayudar *Autonomic Computing* a la hora de especificar, y diseñar *Smart Products*. Para poder dar respuesta a esa pregunta fue necesario determinar qué era un *Smart Product*. Según avanzamos en nuestra investigación nos dimos cuenta de que no existía un acuerdo a la hora de definir estos *Smart Products* y que en algunos casos estos también eran llamados de distinta forma: *Intelligent Products*, *Intelligent Object*, *Smart Objects*. Por este motivo se convirtió en prioridad establecer como punto de partida una definición de los llamados *Smart Products*.

Hay que señalar que en muchos casos se ha mantenido la terminología inglesa, como en el caso de *Smart Products*, o *Autonomic Computing*. La razón es que la traducción en un estudio como este, puede desvirtuar los conceptos subyacentes originales, y llevar a conclusiones no correctas.

## 1.2 CONTENIDO DE LA TESIS

Esta Tesis de Máster está estructurada en cinco capítulos que se describen a continuación:

**Capítulo 1.** En este capítulo se da una breve introducción al estudio y la motivación que ha llevado a realizar dicho estudio.

**Capítulo 2.** Análisis de la importancia de los *Smart Products* para el desarrollo de productos innovadores. Descripción de *Autonomic Computing*. Durante el desarrollo

de este trabajo utilizamos los términos “Smart Product” y “Autonomic Computing” sin traducir del inglés, ya que en el caso de “Smart Product” no existe una traducción consensuada y en el caso de “Autonomic Computing” nos parece más correcto mantener el nombre aportado por IBM en [1] ya que está muy extendida la utilización del término en inglés.

**Capítulo 3.** Descripción del diseño del estudio siguiendo la adaptación de los pasos descritos por Kitchenham y Charters en [2], para la realización de una Revisión Sistemática de la Literatura, propuesta por Cheng et Al. en [7]. Extracción de los datos.

**Capítulo 4.** Análisis de los datos. Síntesis de los datos con el fin de hacer explícito el conocimiento extraído durante el análisis. En este capítulo introducimos el concepto de “Smart Thing” con el objetivo de poder abarcar definiciones conexas a “Smart Product”.

**Capítulo 5.** Discusión sobre el trabajo realizado, conclusiones y trabajo futuro.

## 2 BASES Y TRABAJO RELACIONADO

*Este capítulo introduce los conceptos básicos para poder entender correctamente el trabajo desarrollado en este estudio.*

### 2.1 RELEVANCIA DE LOS SMART PRODUCTS EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS INNOVADORES

Históricamente el objetivo principal en el desarrollo de productos software siempre ha sido la entrega del producto dentro de los plazos y los costes estimados, garantizando la calidad del producto entregado. Es necesario aplicar un enfoque innovador al desarrollo de productos software para poder destacar frente a la competencia. Según Olszak en [3]:

*La creación de una economía basada en conocimiento se considera, según muchos expertos, como la única estrategia efectiva para mejorar la competitividad de países, regiones y compañías en el mercado mundial.*

---

Skyrme en [4], introduce cinco grandes tendencias para describir las características de la economía basada en conocimiento. Las características observadas son:

- Toda industria está en proceso de ser más intensiva en conocimiento.
- *Smart Products*, que se basan en el uso de la información o el conocimiento, están presentes y proporcionan una mejor funcionalidad o servicio, y que por otra parte, pueden imputar precios superiores.
- Existencia de una mejor relación de volumen de información frente al peso en esta economía. Por ejemplo, el valor económico de las exportaciones estadounidenses ha aumentado en veinte veces, mientras que el peso físico de las mercancías exportadas casi no ha variado.
- Valor de lo intangible: significa que el valor de mercado de la mayoría de las empresas es varias veces mayor que sus activos físicos, según consta en sus balances. Básicamente esto se debe a la función de los intangibles: como son el *know-how*, los sistemas de información, las patentes y marcas cuyo valor no está fijado por los métodos tradicionales contables.
- El comercio de lo intangible aumenta en estas economías.

Skyrme, en el año 1999, ya introduce el valor potencial de los *Smart Products* como elemento basados en el uso de información o conocimiento que permiten estar presentes y proporcionar un mejor servicio o funcionalidad a la empresa y que puede incrementar significativamente el valor de las relaciones basadas en servicios.

Dedecker et al. en [5] presentan la creación de *Smart Products* como una vía para la innovación. Mediante el uso de las características de los *Smart Product* podemos crear productos capaces de adaptarse a las necesidades de los usuarios y productos que destaquen sobre los ofrecidos por la competencia. Se presenta un *Smart Product* como un producto capaz de utilizar información de sí mismo, del entorno en el que opera o de otros productos en su entorno como vía para diferenciarse de la competencia. Para lograr esa adaptación a los

usuarios y esa diferenciación en los mercados se buscan productos que tengan un comportamiento proactivo que pueda predecir y apoyar las intenciones del usuario, en base a ese conocimiento de sí mismo, del entorno en el que operan y de los otros productos de su entorno.

Los *Smart Products* pueden liberar al usuario de ciertas tareas mediante varios caminos:

- Monitorización. El producto controla el entorno y avisa al usuario de las oportunidades que le puedan resultar relevantes.
- Asesoramiento. El producto asesora de forma proactiva al usuario para realizar ciertas acciones y es el usuario el que decide si seguir esas recomendaciones o no.
- Asistencia. El producto está en constante interacción con el usuario mientras este realiza una tarea con un objetivo concreto. El producto puede ayudar de forma activa al usuario para realizar la tarea.
- Intervención. El producto interviene cuando un usuario toma una decisión equivocada.

Dedecker et Al [5] ofrecen cuatro estrategias para poder hacer que los productos sean *Smart Products* que se muestran en la Ilustración 1 y se describen a continuación:

- Dotar al producto de más *Auto-consciencia*. Un producto consciente de sí mismo es un producto que utiliza los activos que tiene disponibles en su interior para ofrecer un nuevo valor a los usuarios existentes o a diferentes usuarios.
- Dotar al producto de más *Consciencia del usuario*. Un producto consciente del usuario es un producto diseñado para atender a las preferencias, objetivos, intenciones, etc. del usuario y adaptar su comportamiento a estas necesidades.
- Dotar al producto de más *Consciencia del ecosistema*. Un producto consciente del ecosistema es un producto que ha sido diseñado para estar al tanto de otros productos o plataformas que pueden ser utilizadas junto al él.
- Dotar al producto de más *Consciencia del entorno*. Un producto consciente del entorno es un producto que utiliza una serie de sensores para obtener información del entorno en el que se ejecutan y ofrecer un valor añadido en base a esa información.

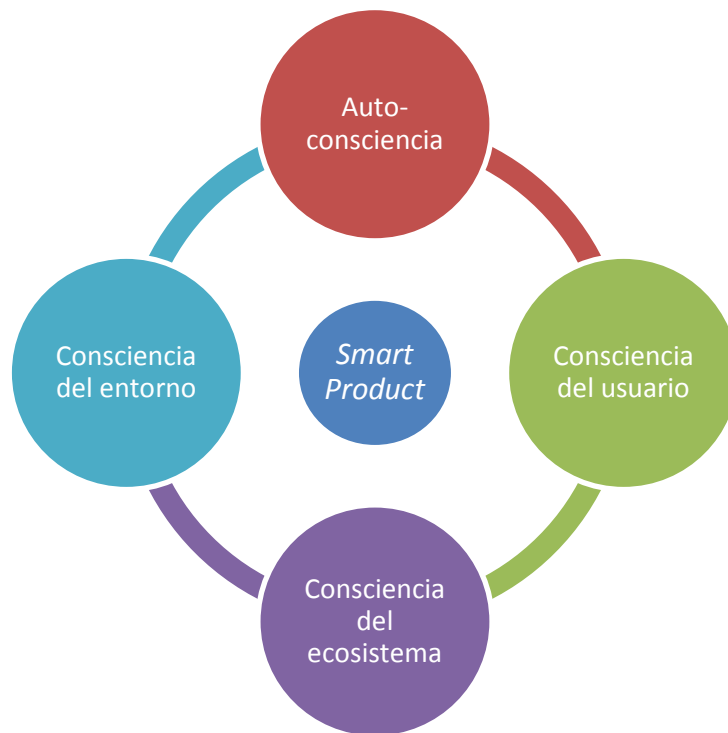


Ilustración 1- Estrategias para hacer *Smart Products* [5]

Las estrategias propuestas por Dedecker et Al. [5] responden a una serie de características que debe tener un producto para ser considerado *Smart Products*.

Uno de los objetivos de este estudio es esclarecer qué características, según la literatura, deben tener los *Smart Products*.

## 2.2 AUTONOMIC COMPUTING

Tal como señala en [5], la construcción de *Smart Products* requiere abordar cuestiones tales como *autoconciencia*, concepto próximo a una de los principios sobre los que se ha construido el paradigma de *Autonomic Computing*. Por ello parece adecuado estudiar este paradigma desde la perspectiva de los *Smart Products* de manera que se pueda identificar si resulta posible apoyarse en este paradigma para construir *Smart Products*.

A lo largo de los años la dependencia de los procesos de negocio de las empresas sobre los sistemas informáticos ha ido incrementándose cada vez más, de forma que hoy en día existe una gran inversión en infraestructuras que necesitan de grandes operaciones de mantenimiento, ya que estas infraestructuras son cada vez más difíciles de gestionar y requieren una gran cantidad de recursos, según R. Sterritt en [6].

IBM, en 2001 presentó un manifiesto que proponía una solución al desafío que supone el mantenimiento de los sistemas de información cada vez más complejos y que afectaba a millones de negocios cada día; la solución consistía en el uso de la autogestión. El manifiesto presentado por IBM señaló que la gran amenaza al progreso de la informática era la complejidad del software, debido a la casi imposibilidad de gestionar los sistemas informáticos actuales y futuros. Como respuesta a este problema, P. Horn, Vicepresidente y Director de

Innovación de IBM, propuso que los sistemas deberían tener la capacidad de auto-gestionarse, al igual que lo hace el sistema nervioso autónomo—diferentes entidades independientes pero relacionadas entre sí y controladas por el sistema autónomo—de ahí surgió el nombre de *Autonomic Computing* [1].

IBM en [1] expresó que la solución de *Autonomic Computing*—AC—comprendía ocho elementos:

- Un sistema AC debe poseer una identidad de sistema—sus componentes también deben poseer una identidad de sistema. Esto implica que el sistema debe conocerse de forma detallada a sí mismo y a todos sus componentes.
- Un sistema AC debe configurarse y reconfigurarse a sí mismo en condiciones variantes.
- Un sistema AC debe optimizar las operaciones para mejorar su funcionamiento mediante la supervisión de sus componentes y carga de trabajo.
- El sistema AC debe poder recuperarse de rutinas y sucesos extraordinarios que puedan causar un funcionamiento defectuoso sin impactar en los datos o en el tiempo de procesamiento.
- El sistema AC debe auto-protegerse en el entorno en el que se encuentra, descubriendo, identificando y protegiéndose a sí mismo de los posibles ataques, para garantizar el funcionamiento y la integridad del sistema.
- Un sistema AC debe ser consciente de su entorno y adaptarse a él.
- El sistema AC debe ser capaz de funcionar en un mundo heterogéneo estando abierto a interactuar y trabajar con otros sistemas.
- Un sistema AC debe ocultar su complejidad al usuario. Implementará los recursos necesarios para obtener las metas de negocio y personales del usuario sin involucrarle en esta implementación.

Estos ocho elementos se pueden expresar en términos de propiedades que un sistema debe poseer para que implemente *Autonomic Computing*.

R. Sterritt en [6] resume las propiedades generales de un sistema de *Autonomic Computing* en cuatro objetivos: auto-configuración, auto-recuperación, auto-optimización y auto-protección; y cuatro atributos: conciencia de sí mismo, conciencia del entorno, auto-control y auto-ajustable. La Ilustración 2 muestra los objetivos y atributos para lograr la auto-gestión, que es la finalidad de la implementación de *Autonomic Computing*.

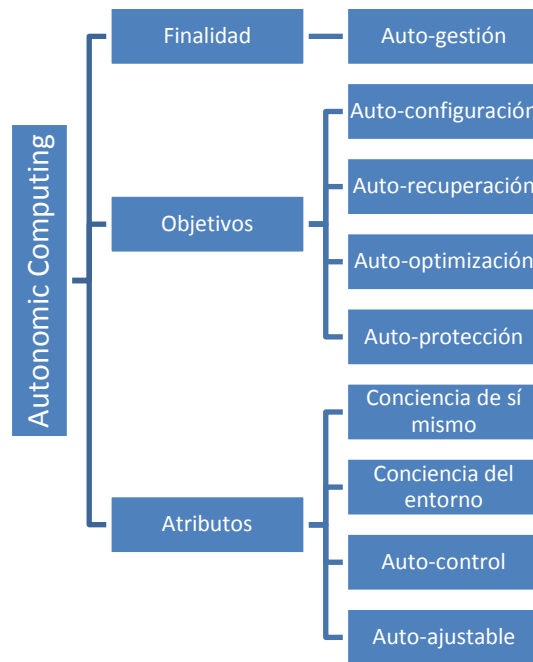


Ilustración 2 - Propiedades de *Autonomic Computing* [6]

Como podemos observar, las estrategias presentadas por Dedecker et Al en [5] para poder hacer que los productos estén alineados con *Smart Products*—auto-gestión, conciencia del usuario, conciencia del ecosistema, conciencia del entorno—están muy cercanas a los objetivos y atributos descritos por R. Sterritt [6]. Uno de los objetivos de este estudio es determinar en qué medida el conocimiento previo que podamos tener de *Autonomic Computing* puede ayudar a la hora de abordar la especificación y el diseño de un *Smart Product*. Para ello se buscó una relación entre los objetivos y atributos de *Autonomic Computing* y las características—según las definiciones de los distintos autores y la finalidad de cada uno de los artículos seleccionados—de un *Smart Product*.



## 3 PLANIFICACIÓN DE LA REVISIÓN

*En este capítulo se presenta el diseño y proceso de la Revisión Sistemática de la Literatura. Con especial interés en la definición de las preguntas de investigación, las extracción y síntesis de los datos.*

### 3.1 MÉTODO

Una Revisión Sistemática de la Literatura (SLR), también llamada Revisión Sistemática, es un medio de identificación, evaluación e interpretación de toda la investigación disponible relativa a una pregunta de investigación, área temática o fenómeno de interés [2].

La Revisión Sistemática es un tipo de estudio secundario. Durante el desarrollo del SLR el investigador se basa en estudios primarios, como son los artículos publicados por diversos autores sobre el área de interés en el que se quiere centrar el estudio.

Las Revisiones Sistemáticas están ligadas al campo de la medicina, pero últimamente han tenido una gran acogida como método de investigación en la Ingeniería del Software.

La consulta de un solo artículo no puede responder a nuestras preguntas de investigación, a esto se une que las conclusiones de un autor no siempre son compartidas por todos. Para poder realizar una buena investigación debemos analizar toda la información relevante a ese tema. El análisis de toda la información disponible podría resultar imposible, ya que existen millones de artículos disponibles, por este motivo debemos recurrir a un método sistemático que nos permita eliminar la información no relevante e identificar las posibles contradicciones entre los resultados de distintos estudios.

Kitchenham y Charters en [2] presentan las siguientes ventajas de realizar una Revisión Sistemática:

- La metodología bien definida hace que sea menos probable obtener sesgos en los resultados de la literatura, aunque no protege de los sesgos de las publicaciones de los estudios primarios.
- Puede dar información acerca de los efectos de un fenómeno a través de una amplia gama de ajustes y métodos empíricos. Si los estudios dan resultados consistentes, las revisiones sistemáticas proporcionan pruebas de que el fenómeno es robusto y transferible. Si las fuentes dan resultados contradictorios, las fuentes que producen esa variación en los resultados pueden ser analizadas.
- En el caso de estudios cuantitativos, es posible combinar resultados mediante técnicas de meta-análisis. Esta combinación de resultados aumenta la probabilidad de detectar efectos reales que no podrían ser detectados por estudios individuales más pequeños.

Este método ha sido utilizado con éxito en la Ingeniería del Software [7] [8] [9] [10] y su principal desventaja frente a una Revisión Tradicional es que requiere un esfuerzo considerablemente mayor.

## 3.2 OBJETIVOS DE LA REVISIÓN Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

### 3.2.1 Metodología de la revisión

Para la realización de la revisión sistemática nos basamos en los pasos descritos por Cheng et Al. [11]. Los pasos seguidos se resumen continuación y se pueden ver de forma esquemática en la Ilustración 3.

- El (paso 1) consiste en determinar la necesidad que motiva la realización de la revisión sistemática, en nuestro caso esta motivación es identificar, evaluar e interpretar la literatura disponible relativa a los *Smart Products* que permita alcanzar los objetivos definidos en el proyecto.
- En el (paso 2) se establecen las preguntas de investigación a las que pretendemos dar respuesta mediante la revisión sistemática. Las preguntas de investigación aparecen en la Tabla 1.
- El (paso 3) permite definir un protocolo de revisión que reduzca el sesgo potencial de la investigación y facilitar una reproducción de la investigación en el futuro.
- En el (paso 4) se establece realiza una valoración del protocolo de revisión por parte de un investigador experimentado. El protocolo de revisión se fue refinando hasta obtener un protocolo consistente con los objetivos del proyecto.
- El (paso 5) consiste en realizar una prueba de la revisión sistemática sobre un grupo reducido de fuentes. El procedimiento de revisión sistemática se probó primero sobre la base de datos *Compendex* con el fin de establecer los criterios de selección a aplicar sobre los artículos localizados.
- En el (paso 6) se realiza una selección de los estudios primarios. La Ilustración 6 muestra en detalle cómo las publicaciones iniciales recibidas de la consulta a las bases de datos se redujeron a los estudios primarios.
- El (paso 7) consiste en la extracción de datos de los estudios primarios. Para la extracción de datos se utilizó el formulario de la Tabla 5.
- El (paso 8) permite evaluar la calidad de los estudios seleccionados.
- El (paso 9) consiste en la realización de la síntesis de los datos extraídos en el (paso 8). La síntesis de los datos se realizó mediante el proceso para Síntesis Narrativa propuesto por Popay et al. en [14].
- El (paso 10) consiste en exponer las conclusiones alcanzadas durante la síntesis considerando las posibles amenazas a la validez del trabajo realizado (paso 11).
- El (paso 12) consiste en difundir los resultados obtenidos. La presentación del proyecto realizado consiste en el primer paso para difundir los resultados de la síntesis.

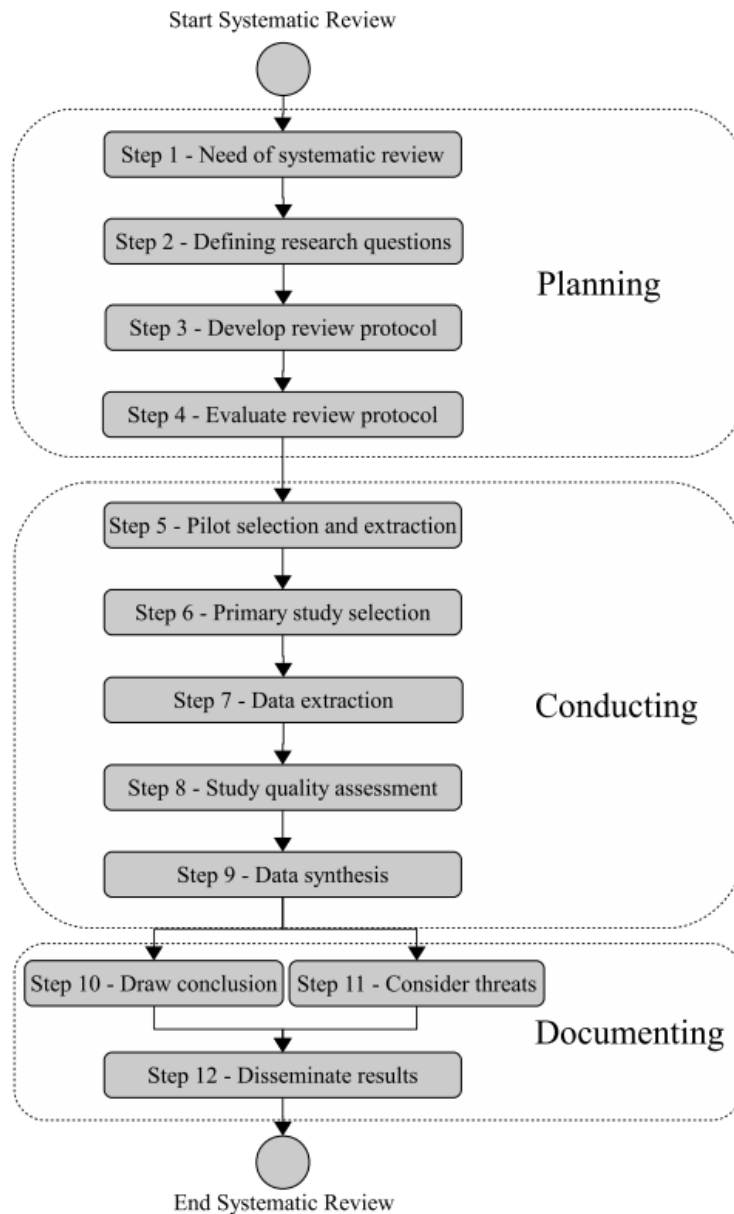


Ilustración 3 - Pasos para la realización de una SLR [11]

### 3.2.2 Implementación de la revisión

El objetivo de la revisión es identificar la aplicabilidad de los conceptos de Sistemas Autónomos para la definición y la implementación de conceptos característicos de los *Smart Products* como forma de introducir propiedades en su especificación. Este objetivo se instrumentó por medio de dos preguntas de investigación.

Preguntas de investigación
RQ1. ¿Qué es un <i>Smart Product</i> y cómo se puede definir “smart product” de manera consensuada?
RQ2. ¿Puede ayudar el conocimiento previo de <i>Autonomic Computing</i> a la hora de especificar y diseñar las características de un <i>Smart Products</i> ?

Tabla 1 - Preguntas de investigación

### 3.3 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

Para obtener resultado a las preguntas de investigación de esta revisión sistemática de la literatura nos basamos en prestigiosas bases de datos digitales que están accesibles desde la herramienta Metalib® que se encuentra disponible en la Universidad Politécnica de Madrid. Los recursos utilizados para realizar las búsquedas son:

- Compendex (Ei Village 2)
- IEEE Xplore
- Web Of Science
- Computer Database (Gale)
- Inspec (EBSCO)
- CiteSeerX
- Elsevier – Science Direct via SCIRUS

Las publicaciones de ACM Digital Library se obtuvieron a través de las bases de datos de Compendex y de Inspec.

La selección de la cadena de búsqueda y literales para el estudio fueron definidos en base a las preguntas de investigación y para obtener el máximo número de resultados posibles, para ello se estableció la siguiente cadena de búsqueda:

*("smart" OR "intelligent") AND ("product" OR "system" OR "object")*

Se considerarán como estudios los artículos de conferencias, artículos de revistas y talleres.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2.

Base de Datos	Fecha de Captura	Campo de búsqueda	Fuentes Totales	Fuentes obtenidas
Compendex	Abril de 2012	Subject/Title/Abstract	Más de 10.000.000	253
IEEE Explorer	Abril de 2012	Metadata	3.167.901	91
Web Of Science	Abril de 2012	Title/Topic	104.050.457	218
Computer Database	Abril de 2012	Keywords	5.150.769	85
Inspec	Abril de 2012	Abstract	Más de 11.000.000	176
CiteSeerX	Abril de 2012	Abstract	Más de 3.000.000	122
Elsevier	Abril de 2012	Title/Abstract/Keywords	11.407.599	77

Tabla 2 - Fuentes obtenidas en las bases de datos

El número total de fuentes obtenidas de las bases de datos es 1008.

### 3.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Se incluyen en el estudio:

- Material científico escrito en inglés que atiende a los criterios de búsqueda y ha sido sometido a revisión por pares.

- Material científico publicado desde enero de 2008, ya que anteriormente este año no existen referencias identificadas que sean relevantes.
- Material cuya temática principal sea la ingeniería del software y de sistemas.

Se excluye del estudio:

- Publicaciones informales que no siguen una metodología científica.
- Publicaciones con pobre argumentación basados en opiniones generales.

Base de Datos	Fecha de Captura	Campo de búsqueda	Fuentes Originales	Fuentes Filtradas
Compendex	Abril de 2012	Subject/Tittle/Abstract	253	31
IEEE Explorer	Abril de 2012	Metadata	91	53
Web Of Science	Abril de 2012	Tittle/Topic	218	51
Computer Database	Abril de 2012	Keywords	85	17
Inspec	Abril de 2012	Abstract	176	56
CiteSeerX	Abril de 2012	Abstract	122	5
Elsevier	Abril de 2012	Tittle/Abstract/Keywords	77	30

Tabla 3 - Fuentes obtenidas tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión

El número total de fuentes obtenidas tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión es de 243. La Ilustración 4 muestra las fuentes obtenidas de las distintas bases de datos antes y después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión.

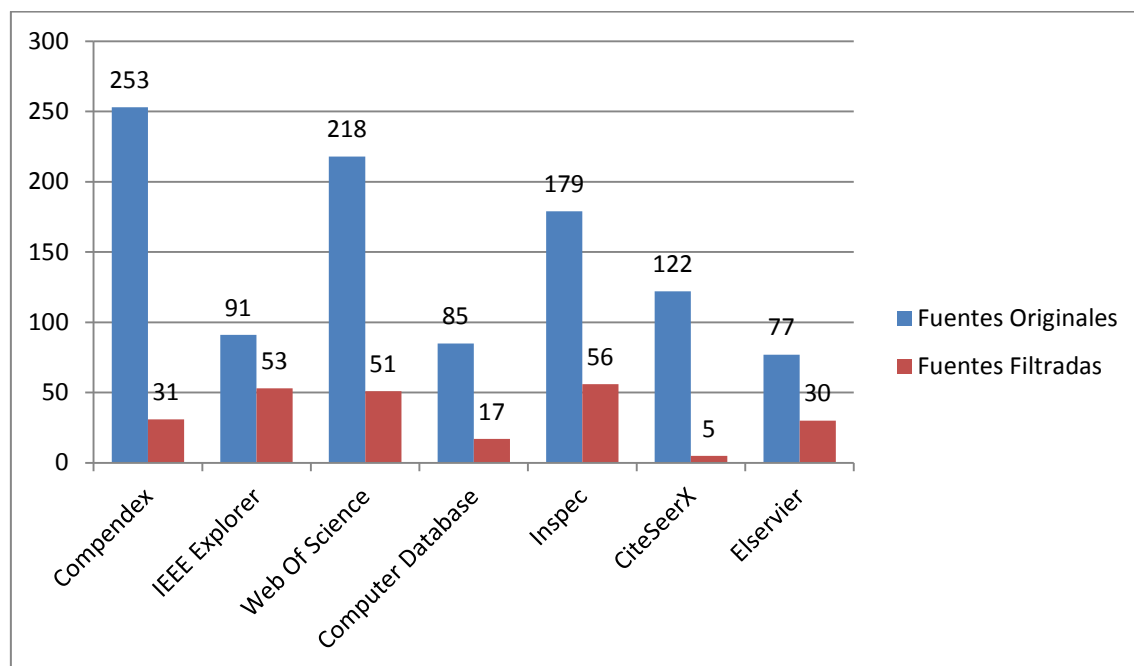


Ilustración 4 – Gráfica comparativa de fuentes originales y filtradas por los criterios

Muchos de los artículos aparecen duplicados en varias fuentes, por lo que antes de la evaluación de cada estudio se procede a la eliminación de duplicados.

Los documentos analizados fueron categorizados utilizando el software de gestión de referencias Mendeley [12].

### 3.5 EXTRACCIÓN DE LOS DATOS

Esta fase permite extraer información de los textos filtrados anteriormente, para ello se procedió a la lectura completa de cada uno de los artículos seleccionados. La extracción de datos se realizó para poder satisfacer las preguntas de investigación definidas y tener una visión general del estudio.

La Tabla 4 muestra las propiedades que se van a extraer de los artículos y su relación con las preguntas de investigación planteadas en el estudio.

Identificador	Propiedad	Pregunta de Investigación
P1	Año de publicación	Visión general del estudio
P2	Método de Investigación	Visión general del estudio
P3	Tipo de Sistema Software	Visión general del estudio
P4	Definición de <i>Smart Product</i>	RQ1
P5	Relación con <i>Autonomic Computing</i>	RQ2

Tabla 4 - Propiedades para extracción de datos

P1 indica el año de publicación del artículo. P2 indica el método de investigación utilizado, para establecer los distintos métodos de investigación, considerando los siguientes: caso de estudio, informe industrial, experimento, sondeo, investigación-acción, otro. P3 indica el tipo de sistema software referenciado en el artículo en base a los propuestos por Xu et Al. en [15]: micro-programa, software embebido, software a medida, producto software. P4 indica la definición de *Smart Product* utilizada en el artículo. La propiedad P5 establece la relación existente con los objetivos y características de *Autonomic Computing* propuestos por R. Sterritt en [6]

Las propiedades P1, P2 fueron extraídas durante la lectura del resumen del artículo en la fase de selección y permitieron crear visión general del estudio. En algunos casos no se pudo extraer la propiedad (P2) hasta una lectura más detallada de los artículos, ya que los autores no mencionaban de forma explícita en el resumen el método utilizado. Para obtener la propiedad (P3) se realizó una lectura detallada buscando en qué tipo de sistema software podía encajar el artículo, en el caso de que no se mencionase de forma explícita por los autores. La propiedad (P4) se fue refinando añadiendo nuevas definiciones según realizábamos las lecturas de los artículos, como consecuencia de ello se introdujo el concepto de *Smart Thing* que permitió contemplar también las definiciones de *Intelligent Product*. La propiedad (P5) se extrajo de una lectura detallada del artículo, esta propiedad no era mencionada por los autores, por lo que fue necesario deducir del contexto, finalidad del artículo y definición utilizada, los objetivos y características de *Autonomic Computing* que estaban relacionados con el artículo. Las propiedades (P3, P4 y P5) permitieron contestar a las preguntas de investigación formuladas en el estudio.

Para cada uno de los artículos se extrajo la información mostrada en la Tabla 5 y al finalizar la extracción se la síntesis de los mismos.

### 3.5.1 Año de Publicación

Esta propiedad ayuda a determinar el estado del arte de los *Smart Products*, de forma que se pueda observar cómo está evolucionando el estudio de estos productos en la comunidad académica y cuál es el impacto de nuestro estudio.

El año de publicación se puede extraer directamente del artículo y estará limitado entre 2008 y 2012.

### 3.5.2 Método de Investigación

En esta propiedad se clasifican los artículos en función del método de investigación que los autores hayan utilizado para realizar su proyecto de investigación. La clasificación que seguimos es utilizada también por Cheng et Al. en la referencia [11] y se adapta a las necesidades de nuestro estudio.

A continuación se muestran las categorías y criterios para agrupar los artículos en base al método de investigación empleado.

- 1) Caso de Estudio. Cuando se dé una de las siguientes circunstancias:
  - a. El estudio manifiesta una o más preguntas de investigación que son contestadas mediante la aplicación de un caso de estudio.
  - b. El estudio evalúa empíricamente un caso concepto teórico mediante la aplicación de un caso de estudio sin establecer necesariamente una pregunta de investigación pero teniendo un claro objetivo definido.
- 2) Informe Industrial. El estudio está destinado a informar sobre experiencias industriales sin proponer una pregunta de investigación o evaluar empíricamente un concepto teórico.
- 3) Experimento. El estudio lleva a cabo un experimento y su diseño está claramente definido.
- 4) Sondeo. El estudio recoge datos cuantitativos y/o cualitativos mediante la utilización de cuestionarios o entrevistas.
- 5) Investigación-Acción. El estudio indica explícitamente que utiliza este método de investigación.
- 6) Otro. El estudio no define método de investigación y no se puede derivar o interpretar mediante de la lectura del documento.

A la hora de clasificar los artículos nos basaremos en la información aportada por los autores, en caso de que mencionen explícitamente el método utilizado, o extraeremos la información de la lectura del artículo.

### 3.5.3 Tipo de Sistema Software

El estudio de las diferentes publicaciones donde se aparecen *Smart Products* hace ver que un aspecto básico en el estudio es el tipo de software donde aparecen *Smart Products*. La razón es debido a que parece necesario valorar el alcance, función y efecto considerando el contexto donde se aplican, y para ello el tipo de software parece una forma adecuada de abordarlo.

Para poder hacer la clasificación del tipo de software nos basamos en la definición dada por Xu y Brinkkemper en [15].

*“El software está presente en multitud de productos, sociales, empresariales y sistemas domésticos interactivos hombre-máquina. Esto incluye aplicaciones software y sistemas software. Las aplicaciones software ofrecen funcionalidad al usuario final, mientras que los sistemas software consisten en programas de bajo nivel que interactúan con una computadora a nivel básico. “*

---

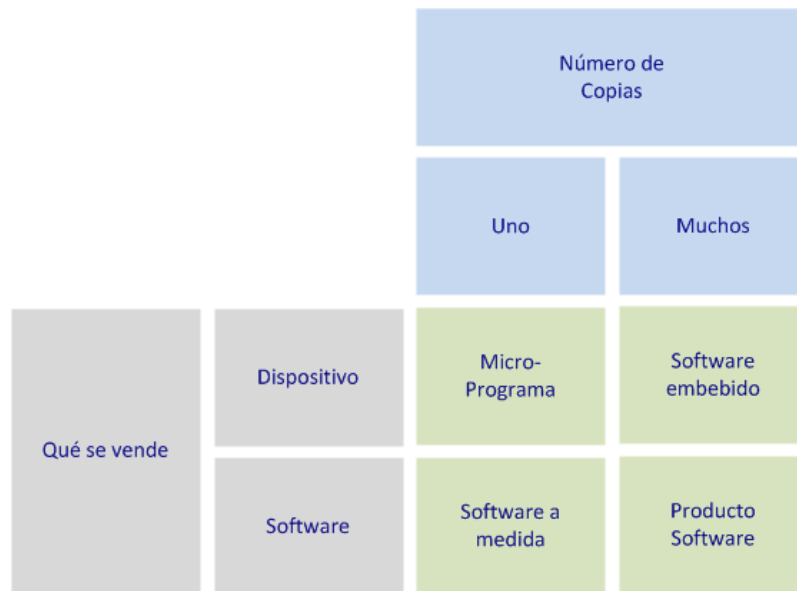


Ilustración 5 - Clasificación del Software [15]

Xu y Brinkkemper [15] establecen una clasificación del software en base a si se trata de una aplicación o un sistema y el número de copias vendidas del producto. Esta clasificación es mostrada en la Ilustración 5 y comentada a continuación.

- 1) Micro programa. Es un tipo particular de software embebido que se desarrolla para un solo producto específico.
- 2) Software embebido. Software desarrollado para aparatos electrónicos que son fabricados y vendidos en gran número.
- 3) Software a medida. Es un tipo de software desarrollado para una organización atendiendo a las necesidades de negocio de la misma. Incluye los desarrollos contractuales y los desarrollos internos.
- 4) Producto software. Software desarrollado para intentar cubrir un mercado de negocio determinado sin centrarse en una empresa o cliente concreto. Incluye el software vendido negocio-a-negocio y el negocio-a-consumidor.

### 3.5.4 Definición

El primer aspecto a tener en cuenta sobre los *Smart Products* es la definición de los mismos. Para cada uno de los artículos se extrajo la definición utilizada al hablar de *Smart Product*.

El proceso de extracción de la propiedad se realiza de forma iterativa, en una primera lectura en la que se obtienen las definiciones utilizadas al hablar de *Smart Product*. Una vez obtenidos los datos se realiza una síntesis de los mismos para agruparlos en las definiciones más



utilizadas y se vuelve a analizar los artículos con el fin de intentar obtener una relación de la frecuencia de referencia a las definiciones más citadas en los estudios.

Una vez extraídos y analizados los datos relativos a las definiciones utilizadas en los distintos artículos se procede a analizar el contexto en el que se emplean esas definiciones. El establecimiento del contexto resulta complicado, ya que en muchos casos se trata de áreas transversales. En este estudio se pretende considerar contextos generales que permitan abarcar varias definiciones con el fin de obtener unos resultados que permitan establecer una relación entre las distintas definiciones. Una primera lectura permite establecer los contextos utilizados en cada artículo. Una vez obtenidos los datos procederemos a realizar una síntesis de los mismos agrupándolos en contextos generales o que abarquen varios contextos con pocas frecuencias, de forma que nos faciliten el establecimiento de la relación entre definición y contexto.

### 3.5.5 Relación con *Autonomic Computing*

Para cada uno de los artículos se identificará si muestra de forma implícita o explícita alguna relación con los objetivos y características de *Autonomic Computing* expresadas por R. Sterritt en [6].

Los artículos serán categorizados en base a los objetivos o atributos de *Autonomic Computing* que cubra la definición de *Smart Product* dada por los autores, teniendo en consideración que un artículo puede cubrir uno o varios objetivos y atributos. Puesto que no todos los autores dan una definición de *Smart Product* también se extraerán la de los artículos la relación implícita de los *Smart Products* con los objetivos y características de *Autonomic Computing*.

Número de referencia	Valor
1. Título	Título del artículo
2. Base de datos	Base de datos donde se localiza el artículo
3. Autores	Autor o autores del artículo
4. Año de publicación	Año en el que se publicó por primera vez el artículo en algún medio
5. Método de investigación	Método de investigación utilizado en el artículo
5.a	¿Es un caso de estudio?
5.b	¿Muestra una experiencia industrial?
5.c	¿Se trata de un experimento?
5.d	¿Muestra datos cualitativos o cuantitativos?
5.e	¿Se trata de una investigación-acción?
5.f	No se identifica el tipo de estudio
6. Tipo de sistema software	Tipo de sistema software utilizado o descrito en el artículo
6.a	¿Coincide con la definición de microprograma?
6.b	¿Software embebido?
6.c	¿Software a medida?
6.d	¿Producto software?
6.e	No se describe o identifica el tipo de software utilizado
7. Definición	Identificar la definición utilizada para <i>Smart Product</i> en el artículo
7.a	¿Da una definición de <i>Smart Product</i> ?
7.a.i	Maass y Janzen
7.a.ii	Mühlhäuser
7.a.iii	SmartProducts Consortium
7.b	¿Da una definición de <i>Intelligent Product</i> ?
7.b.i	McFarlane et al.
7.b.ii	Kärkkäinen et al.
7.b.iii	Ventä
7.c	¿Aporta una definición propia?
7.d	No se aporta ninguna definición
8. Contexto	Cuál es el contexto en el que se aplica la definición/definiciones
9. Relación con AC	Identificar si el artículo muestra de forma implícita o explícita una relación con las características de <i>Autonomic Computing</i>

Tareas de Gestión	
¿Implementa o requiere Auto-configuración?	
¿Implementa o requiere Auto-recuperación?	
¿Implementa o requiere Auto-optimización?	
¿Implementa o requiere Auto-protección?	
Características	
¿El producto tiene Conciencia de sí mismo?	
¿El producto tiene Conciencia del entorno?	
¿El producto posee Auto-control?	
¿El producto es Auto-ajustable?	

Tabla 5 - Formulario para la extracción de datos de los artículos

### 3.6 CRITERIOS PARA EVALUAR CADA ESTUDIO

La evaluación de cada estudio se hará valorando el rigor, la credibilidad y la relevancia, para ello se responderá a las siguientes cuestiones:

- QA1) ¿Se basa el artículo en métodos de investigación?
- QA2) ¿Están los objetivos de investigación claramente definidos en el artículo?
- QA3) ¿Se define de manera clara el contexto en el que se realizó la investigación?
- QA4) ¿Se incluye en la búsqueda estudios relevantes?
- QA5) ¿Se evalúan los resultados siguiendo criterios objetivos?
- QA6) ¿Es claro el investigador a la hora de exponer las conclusiones de los resultados obtenidos?

Las preguntas son contestadas como se indica a continuación:

QA1. S (sí), el artículo está dirigido siguiendo algún método de investigación. N (no), el artículo se basa en opiniones no contrastadas de los autores.

QA2. S (sí), los autores definen unos objetivos para el estudio y lo diseñan de forma que se obtenga una respuesta a esos objetivos. N (no), los autores no indican cuáles son los objetivos a la hora de realizar el estudio. P (parcial), los autores indican unos objetivos pero no se diseña el estudio de forma adecuada para obtener una respuesta a esos objetivos.

QA3. S (sí), los autores establecen de forma explícita el contexto en el que se desarrolla el estudio. N (no), los autores no indican el contexto del estudio. P (parcial), se puede establecer de forma implícita el contexto del estudio.

QA4. S (sí), los autores buscaron en varias bibliotecas digitales e incluyen información sobre las estrategias de búsqueda adicionales. N (no) los autores realizan una búsqueda en un conjunto muy restringido de revistas. P (parcial), los autores buscan en varias bibliotecas digitales pero no incluyen información sobre estrategias de búsqueda adicionales.

QA5. S (sí), los autores se basan en criterios objetivos para evaluar los resultados obtenidos en el estudio. N (no), los autores se basan en criterios subjetivos para valorar los resultados del estudio.

QA6. S (sí), los autores exponen de forma clara las conclusiones de su estudio. N (no) los autores no exponen las conclusiones de su estudio. P (parcial) los autores exponen las conclusiones obtenidas de su estudio pero no lo hacen de una forma clara.

La Ilustración 6 muestra el proceso seguido para la obtención de las fuentes de este estudio. Después de aplicar los criterios de evaluación a las diferentes fuentes obtuvimos una serie de referencias a artículos relevantes para el estudio que no habían sido obtenidas desde ningún motor de búsqueda—[S1], [S2], [S3], [S4]—por lo que se volvió a realizar una evaluación de esas fuentes obteniendo el conjunto final de fuentes para nuestro estudio.

En el Anexo A. Estudios Seleccionados se muestra la lista de las fuentes seleccionadas.

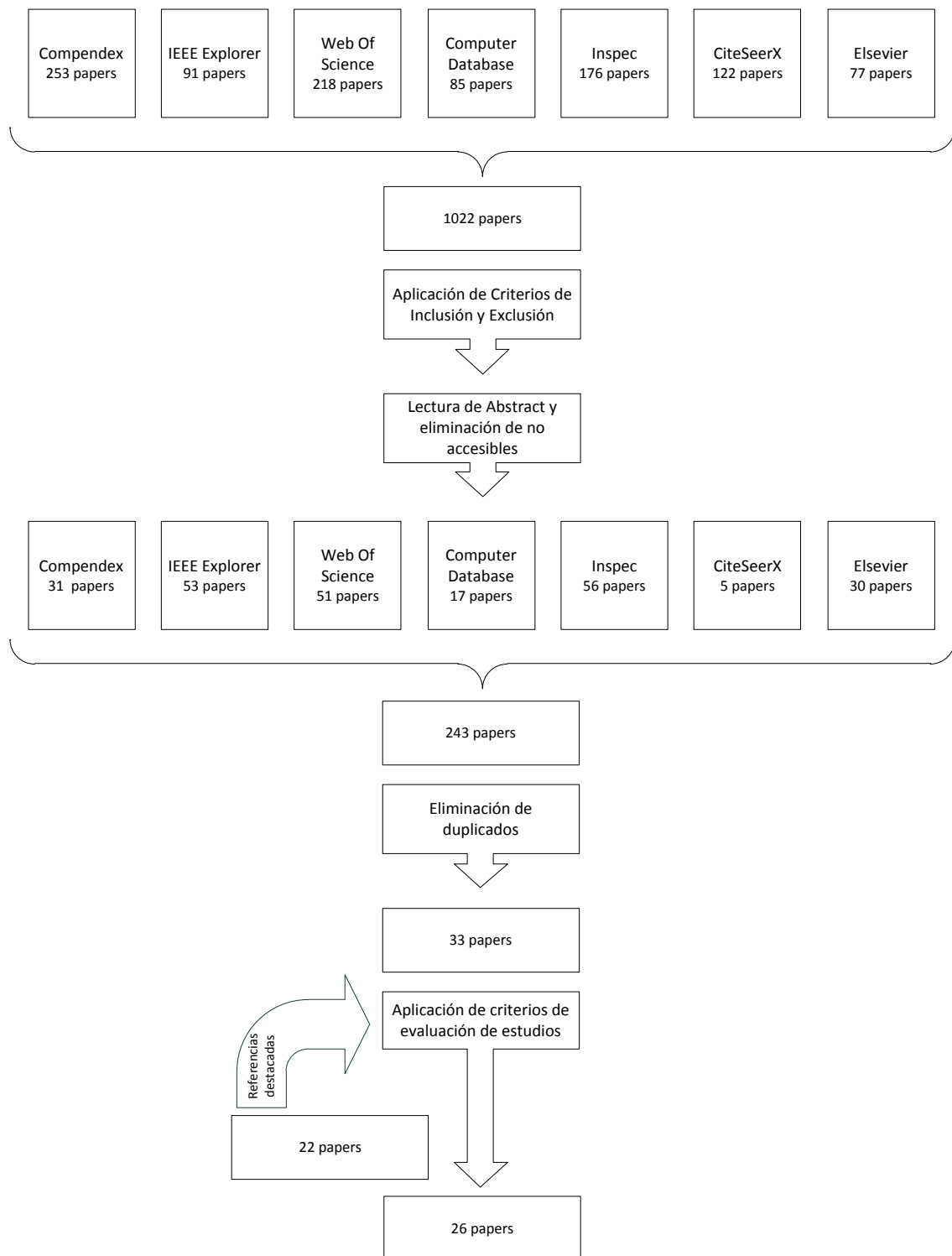


Ilustración 6 - Proceso de evaluación de los artículos seleccionados

### 3.7 SÍNTESIS DE LOS DATOS EXTRAÍDOS

En este estudio seleccionamos la Síntesis Narrativa como método para la síntesis de los datos extraídos. Dada la heterogeneidad de los estudios localizados optamos por este tipo de método, que ya ha sido utilizado de manera exitosa en la Ingeniería del Software [13].

Para la realización de la síntesis de los datos nos basamos en el proceso propuesto por Popay et al. en [14] para la realización de síntesis de datos en revisiones sistemáticas de la literatura. Según Popay et al. este método nos permite la realización de síntesis de datos en revisiones sistemáticas centrándonos en un enfoque textual a la hora de realizar la síntesis, si bien permite utilizar un enfoque estadístico en el proceso.

El proceso propuesto por Popay et al. en [14] se compone de cuatro etapas principales:

- Desarrollo de un modelo teórico. Esta fase permite representar la base de los estudios analizados con el fin de poder interpretar correctamente los hallazgos realizados y evaluar su aplicabilidad.
- Desarrollo de una síntesis preliminar. El objetivo de esta fase es desarrollar una descripción inicial de los resultados de los estudios incluidos.
- Explorar las relaciones entre los datos. El objetivo de esta fase es analizar los estudios con el fin de encontrar relaciones entre las distintas características de un estudio y entre los diferentes estudios, de forma que revele los conceptos relacionados que se encuentren entre todos los estudios seleccionados.
- Evaluar la solidez de la síntesis. La solidez de la síntesis depende de los estudios seleccionados. Al garantizar el rigor, la credibilidad y la relevancia de los estudios seleccionados podemos garantizar la fiabilidad de la síntesis.

Para la realización de la síntesis nos basamos en la gráfica de la Ilustración 7 que sigue las etapas descritas por Popay et al. en [14].

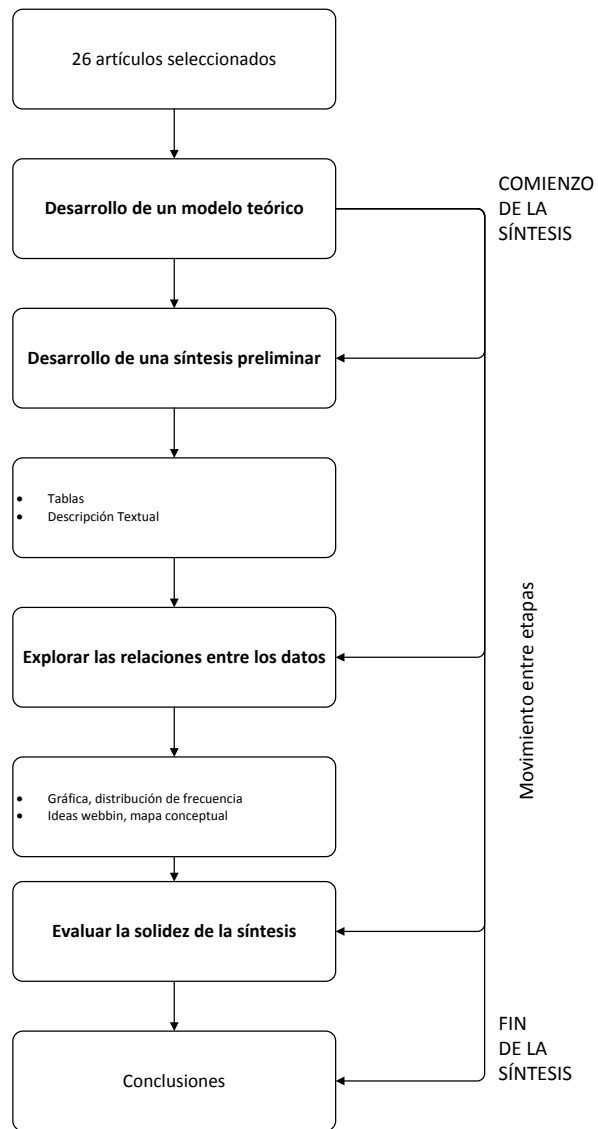


Ilustración 7 - Proceso de síntesis basado en [14]

## 4 ANÁLISIS Y RESULTADOS

En esta sección se muestran el análisis y resultado de los datos extraídos y sintetizados en la sección anterior.

### 4.1 VISIÓN GENERAL DEL ESTUDIO

#### 4.1.1 Año de Publicación (P1)

El número de artículos publicados cada año puede servir de ayuda a futuros investigadores para centrarse en un periodo concreto a la hora de realizar sus estudios.

##### 4.1.1.1 Resultados

Año de Publicación	Artículos	Frecuencia
2008	[S5],[S6],[S7],[S1],[S8],[S9]	6
2009	[S10],[S11],[S12],[S2],[S13],[S14],[S15]	7
2010	[S16],[S3],[S17],[S18],[S19]	5
2011	[S20],[S21],[S22],[S23],[S4],[S24],[S25],[S26]	8

Tabla 6 – Año de publicación de los artículos

La Ilustración 8, muestra de forma visual la distribución de los artículos a lo largo de los años para el periodo seleccionado en el estudio.



Ilustración 8 –Gráfica del año de publicación de los artículos

##### 4.1.1.2 Análisis y Discusión

Como se puede observar en la Ilustración 8, el número de publicaciones en los últimos años se ha mantenido constante desde 2008, si bien se nota un pequeño incremento durante 2011. Esto indica que es necesario aumentar el interés de los investigadores en esta área para poder obtener mejores avances sobre los *Smart Products*.



#### 4.1.2 Método de Investigación (P2)

Los métodos de investigación utilizados se clasifican en: caso de estudio, informe industrial, experimento, sondeo e investigación-acción.

##### 4.1.2.1 Resultados

La Tabla 7 muestra la relación de artículos que utiliza cada uno de los métodos en los que basamos nuestra clasificación.

Método de Investigación	Artículos	Frecuencia
Caso de Estudio	[S1], [S2], [S10], [S5], [S9], [S17], [S21], [S14], [S7], [S20], [S22], [S6], [S15], [S16], [S3], [S23], [S19], [S4]	18
Informe Industrial		0
Experimento	[S12], [S8], [S26], [S25], [S24]	5
Sondeo	[S11], [S18], [S13]	3
Investigación Acción		0
Otro		0

Tabla 7 - Método de Investigación utilizado en los artículos

##### 4.1.2.2 Análisis y Discusión

La Ilustración 9 muestra la frecuencia de utilización de distintos métodos empíricos de investigación en los diferentes estudios analizados.

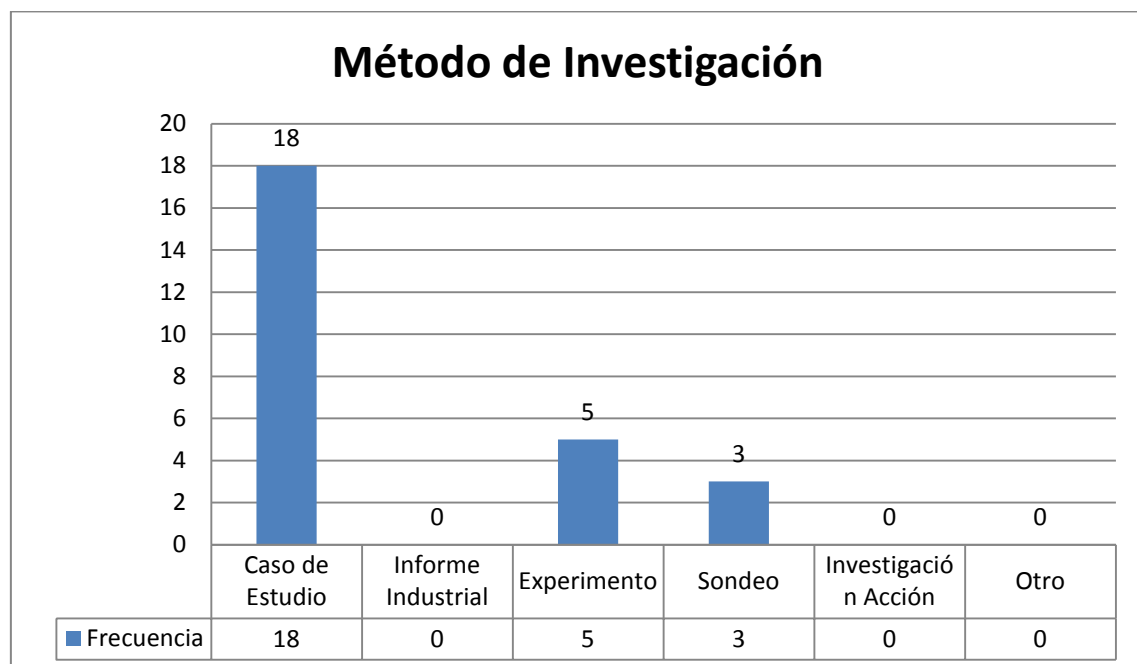


Ilustración 9 – Gráfica del método de investigación utilizado en los artículos

De la información obtenida podemos extraer que el método más utilizado es el caso de estudio, utilizado en un 69% de los estudios. Por otro lado observamos que no se han localizado informes industriales ni artículos de investigación acción, esto demuestra que hoy en día existe una inmadurez entorno a los *Smart Products* y es necesario potenciar su diseño y utilización a nivel industrial.

### 4.1.3 Tipo de Sistema Software (P3)

Esta propiedad permite establecer el ámbito de aplicación de los estudios relacionados con *Smart Products* a nivel de software.

#### 4.1.3.1 Resultados

La Tabla 8 muestra la frecuencia de tipo de sistema software en la que se basan los distintos autores a la hora de realizar sus estudios.

Tipo de Sistema Software	Artículos	Frecuencia
Micro-programa	[S14], [S16], [S19]	3
Embebido	[S21], [S14], [S17], [S25], [S16], [S19], [S13], [S22], [S23], [S6], [S20], [S7], [S1], [S2], [S3], [S4]	16
A medida	[S14], [S26], [S18], [S11], [S10], [S19], [S9], [S15], [S1]	9
Producto Software	[S8], [S14], [S19], [S5], [S24], [S1]	6

Tabla 8 - Tipo de sistema software empleado en los artículos

La clasificación de los artículos en tipo de sistema software no resulta sencilla, dado que en muchos casos se combina la necesidad de software embebido con la existencia de un software a medida o un producto software. En esta sección hemos tratado de clasificar los artículos en base a qué tipo de sistema recibe más importancia, o tiene más peso, a la hora de diseñar los *Smart Products*.

El artículo [S16] puede englobarse tanto en micro-programas como en sistemas embebidos, ya que centra su estudio en los problemas de co-diseño tratando los *Smart Products* como sistemas que contienen una parte física y una parte software.

El artículo [S1] da una definición de *Smart Products*. En esta definición recoge tanto software embebido, como productos software y servicios, por lo que este artículo abarca tanto software embebido, como software a medida, y productos software.

Las referencias [S21], [S3] y [S4] presentan una propuesta para diseño colaborativo de *Smart Products*, aunque en los artículos no habla de ningún tipo de software específico se puede observar mediante los ejemplos presentados, que se centra en sistemas de software embebido. El artículo [S17] presenta una propuesta de iteración entre *smart products* y usuarios, como ejemplo el artículo presenta un sistema de software embebido para una cafetera y aunque estas propuestas podrían extenderse a cualquier tipo de sistema software el artículo se centra en los trabajos del *Smart-Product Consortium* con una mayor orientación a sistemas embebidos. El artículo [S25] presenta una propuesta para el diseño de sistemas de *Smart Products* y muestra una simulación de dos sistemas embebidos, uno para ayuda a la cocina y otro para tripulación de vehículos. El artículo [S13] presenta una visión de los *Smart Products*, durante el artículo los autores centran sus ejemplos en sistemas con software embebido. El artículo [S22] se centra en el estudio de *Smart Environments* donde los *Smart Products* son capaces de interactuar entre sí y con un entorno social, en este artículo se definen los *Smart Products* como objetos físicos con sensores y dotados de software embebido. Las referencias [S12] y [S23] centran sus estudios en PLM—*Product Lifecycle*

*Management*— encajando dentro de los sistemas de software embebido, el artículo [S12] se centra en el uso de software embebido para convertir los objetos en *Smart Objects* y no basar su información sólo en el uso de etiquetas RFID; el artículo [S23] habla del concepto de PEID— *Product Embedded Information Devices*. El artículo [S6] muestra la utilización de *Smart Objects* en entornos de colaboración, presentando los *Smart Objects* como sistemas con software embebido capaces de enviar información sobre su estado a otros objetos. Nakajima et al. en [S20] los realizan un estudio sobre la necesidad de procesadores para soportar las funcionalidades de los *Smart Products* centrando su estudio en sistemas de software embebido. Maass et al. [S7] presentan un modelo de datos extensible para la descripción de productos mediante ontologías, la definición dada de *Smart Products* y la ontología presentada hace que se catalogue este artículo como sistema de software embebido, ya que es necesario la existencia del software en el dispositivo para poder extraer características de sí mismo. El artículo [S2] presenta un estudio de los *Smart Products* y centra sus ejemplos en los sistemas de software embebido.

El artículo [S26] presenta un enfoque de *Intelligent Products* para *Ambient Intelligence*, donde Zouinkhi et al. presentan un prototipo de un sistema a medida para controlar la fabricación de sustancias químicas. Otra línea de investigación presentada por Zaeh et al. en [S18] muestra un modelo de auto-configuración para el control de un sistema de producción. Meyer et al. en [S11] hablan del concepto de *Intelligent Product* y muestran la forma de introducir este tipo de productos para controlar líneas de fabricación. El caso de estudio presentado por el artículo [S10] es otro ejemplo de utilización de *Intelligent Products* en sistemas de fabricación. En las referencias [S15] y [S9] los autores introduce el concepto de *Intelligent Being* como parte del software que compone a un *Intelligent Products* centrando su aplicación en los procesos de fabricación.

El artículo [S8] presenta una solución basada en producto software que permita que sugerencias automáticas a la hora de realizar compras de productos, para ello los productos se identifican mediante etiquetas RFID. El artículo [S5] centra su estudio en *Ambient Intelligence*, tanto para entornos domésticos como para entornos de oficinas y lugares públicos, para ellos presenta un ejemplo de mayordomo virtual y un sistema de reuniones virtuales, este tipo de sistemas puede presentarse como soluciones comerciales, entrando dentro de la categoría de producto software. Kunz et al. en [S24] presenta una arquitectura para la PLM—*Product Lifecycle Management*—basada en el uso de etiquetas RFID para identificar los objetos, la publicación de servicios y la orientación del artículo hacia IoT—*Internet of Things*—hace que sea posible implementar distintos productos software basados en esta arquitectura.

El artículo [S14] se centra en el diseño de Interface de Usuarios sin especificar ningún tipo de software concreto. Las recomendaciones para el diseño de interfaces de usuarios pueden utilizarse en cualquiera de los tipos de software incluidos en la clasificación. Liu en [S19] habla sobre la usabilidad de *Intelligent Products*, al igual que sucede con el diseño de Interfaces de Usuario, estas recomendaciones son aplicables a cualquier tipo de sistema software.

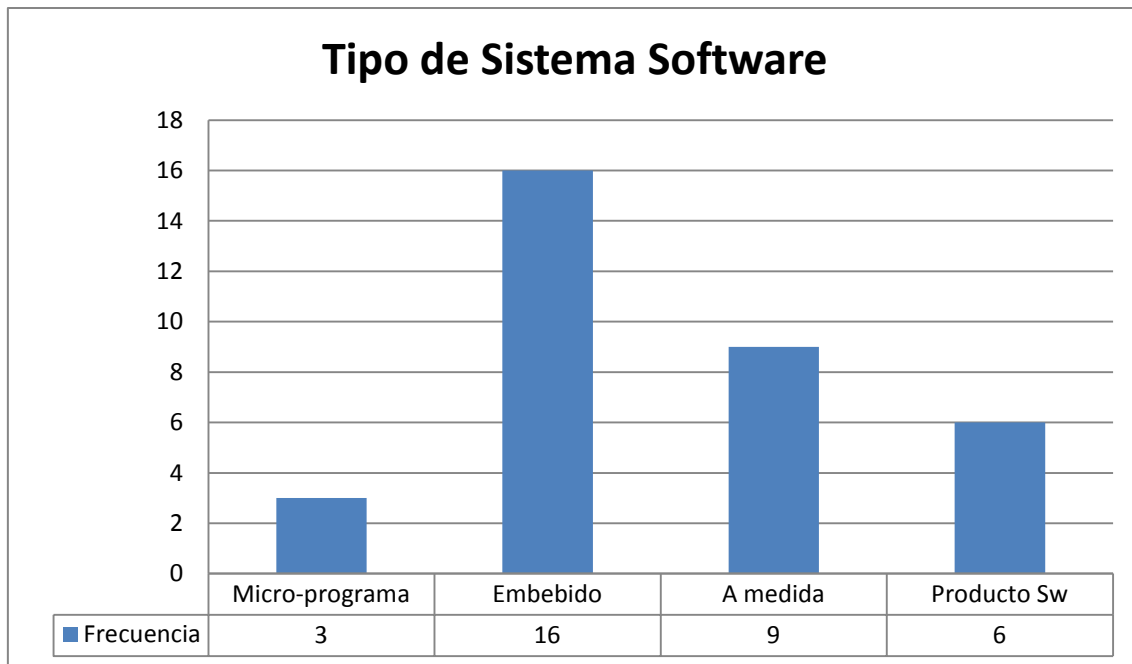


Ilustración 10 – Gráfica del tipo de sistema software empleado en los artículos

#### 4.1.3.2 Análisis y Discusión

En la Ilustración 10 se puede observar que existe una mayor tendencia a considerar sistemas de software embebidos cuando hablamos de *Smart Products*.

Cuando se habla de software a medida los autores suelen centrarse en sistemas para el control del ciclo de vida de productos y suele coincidir con las un mayor número de artículos que dan definición de *Intelligent Products*. En estos casos los objetos envían información al sistema mediante el uso de etiquetas RFID—*Radio Frequency Identification*—o códigos de barra. Dentro del mismo área de PLM—*Product Lifecycle Management*—cuando dotamos a los objetos de PEID—*Product Embedded Information Devices*—estaremos hablando de software embebido, como es el caso de [S12].

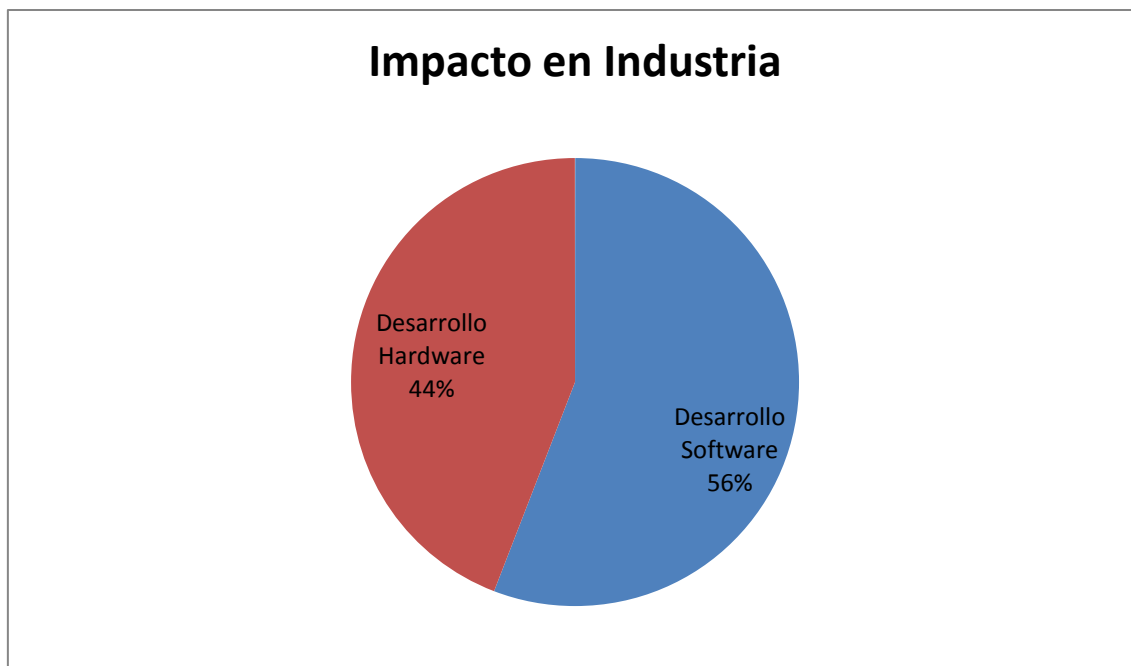


Ilustración 11 - Impacto en la industria en base al tipo de sistema software

En base a los resultados obtenidos, como podemos observar en la Ilustración 11, podemos determinar el impacto que están teniendo los *Smart Products* en la industria. El software a medida y los productos software reflejan un mayor impacto en las industrias de desarrollo software, mientras que el microprograma y software embebido reflejan un mayor impacto en el uso de *Smart Products* para software vinculado a un hardware determinado, ya sea específico, como es el caso de los micro-programas o a nivel de fabricación en masa como es el caso del software embebido—utilizado en telefonía, TV, electrodomésticos, automóviles, etc. Si bien los resultados son bastante igualados se observa una mayor tendencia al desarrollo de software vinculado a un hardware determinado, en concreto el desarrollo de software embebido.

## 4.2 DEFINICIÓN DE SMART PRODUCT (RQ1)

Uno de los objetivos del estudio es poder encontrar una definición en la literatura de *Smart Products*. Una definición consensuada y aceptada mayoritariamente relativa al concepto de *Smart Products* permitiría a los investigadores tener un punto de partida a la hora de determinar qué características debe poseer un producto para ser considerado un *Smart Product*.

### 4.2.1 Resultados

Para poder realizar la extracción de esta propiedad se realizaron lecturas iterativas de los artículos seleccionados, de forma que se fueron localizando las definiciones más relevantes utilizadas en los distintos artículos y viendo la frecuencia de aparición en los otros artículos.

Una revisión inicial de los artículos mostró que las definiciones más extendidas entre los distintos investigadores al hablar de *Smart Product* son las presentadas por Maass y Janzen [16], Mühlhäuser [S1] y el SmartProducts Consortium [S2].

Maass y Janzen en [16] ofrecen una primera definición, en forma de requerimientos, de las características que debe tener un *Smart Product*:

1. *Contextualización: el reconocimiento de los contextos situacionales comunitarios.*
  2. *Personalización: adaptación de los productos de acuerdo a las necesidades e inclinaciones del comprador y el consumidor.*
  3. *Adaptabilidad: cambio del comportamiento del producto de acuerdo a las respuestas y tareas del comprador y del consumidor.*
  4. *Pro-actividad: la anticipación a los planes y las intenciones de los usuarios*
  5. *Conciencia Empresarial: la consideración de los negocios y las restricciones legales.*
  6. *Capacidad de red: capacidad de comunicarse y combinarse con otros productos.*
- 

Mühlhäuser [S1] ofrece la siguiente definición de *Smart Product* en la que se destaca que un *Smart Product* puede ser tanto un objeto físico, como un software o un servicio. Mühlhäuser incorpora dos características nuevas que no presentaba la definición anterior, como son la auto-organización durante su ciclo de vida y el uso de interfaces modales como medio de simplificación del producto de cara al usuario potencial.

*“Un Smart Product es una entidad (objeto tangible, software o servicio) diseñado y fabricado para auto-organizarse incorporado en diferentes entornos (inteligentes) durante el curso de su ciclo de vida, ofreciendo mayor simplicidad y mayor transparencia a través de interacción p2u y p2p por medio de la conciencia del contexto, auto-descripción semántica, comportamiento proactivo, interfaces naturales y multimodales, planificación basada en IA, y aprendizaje automático”.*

---

El SmartProducts Consortium [S2] refina la definición dada por Mühlhäuser, manteniendo la importancia de la auto-organización a lo largo del ciclo de vida del producto, dando la siguiente definición:

*“Un Smart Product es un objeto autónomo que está diseñado para auto-organizarse incorporado en diferentes entornos a lo largo de su ciclo de vida y que permite una interacción producto-a-humana natural. Los Smart Products son capaces de acercarse de manera pro-activa al usuario mediante el uso de la detección de capacidades de entrada y*

*salida del entorno del así como ser auto-, ubicado, y consciente del contexto. El conocimiento relacionado y la funcionalidad puede ser compartido y distribuido entre múltiples smart products y aparecer a lo largo del tiempo.”*

M. Sabou et al. [S2] realiza una comparativa de las diferentes características sugeridas por los distintos autores, tal y como se muestra en la Tabla 9.

Maas et al.	Mühlhäuser et al.	SmartProducts consortium
Contextualización	Conciencia del contexto	Ubicado y consciente del contexto
Pro-actividad	Comportamiento Pro-activo	Acercamiento pro-activo al usuario
Capacidad de estar en red	Auto-organizase incorporado	Auto-organizarse incorporado en entornos de <i>Smart Products</i>
	Apoyo a la totalidad del ciclo de vida	Apoyo al usuario durante todo el ciclo de vida
Personalización		
Consciencia empresarial		
Adaptabilidad		
		Autonomía

Tabla 9 - Comparativa de las características de las definiciones de *Smart Product* [S2]

M. Sabou et al. obtienen como conclusión de esta comparativa que las características principales que deben poseer los *Smart Products*, y en la que coinciden los autores, son la conciencia del contexto –como capacidad de sentir el contexto en el que se encuentran, la proactividad–característica mediante la cual los *smart products* pueden hacer uso de la conciencia de contexto y de otros conocimientos para acercarse al usuario y a otros elementos del entorno, y la auto-organización–como capacidad de formar o unirse a redes con otros productos.

Durante una segunda lectura pudimos observar que algunos autores consideran que el concepto de *Smart Products* y de *Intelligent Products* como conceptos intercambiables. Estos autores centran sus definiciones en tres autores principales: McFarlane et al; Kärkkäinen et al; Ventä.

Esto nos llevó a incluir las definiciones relativas a *Intelligent Products* e introducir el concepto de *Smart Thing* para poder recoger todas las definiciones conexas con las de *Smart Product*.

McFarlane et al. definen un *Intelligent Product* como [17]:

*“Un producto físico y una representación basada en información de un producto, la representación del producto basada en información es almacenada en una base de datos y la inteligencia es proporcionada por el agente de toma de decisiones. La conexión entre el producto físico y la representación basada en información se realiza mediante el uso de una etiqueta y un lector”*

Un *Intelligent Product* debe poseer las siguientes propiedades [S23]:

- “1. Posee una identificación única.*
  - 2. Es capaz de comunicarse de forma efectiva con su entorno.*
  - 3. Puede retener o almacenar datos sobre sí mismo.*
  - 4. Implementa un lenguaje para mostrar sus características, requisitos de producción, etc.*
  - 5. Es capaz de participar en, o de tomar decisiones sobre su propio destino.”*
- 

Kärkkäinen et al. ofrecen la siguiente definición para *Intelligent Product* [18]:

*“La idea fundamental detrás de un Intelligent Product de acuerdo con Kärkkäinen et al. es el control dentro-y-fuera de las entregas de las cadenas de suministro y de los productos durante su ciclo de vida. En otras palabras, los productos particulares en la cadena de suministro tienen ellos mismos el control de hacia dónde van y cómo deben ser manejados.”*

---

El producto debe poseer las siguientes propiedades:

- “1. Identificador único global.*
  - 2. Enlaces a fuentes de información sobre el producto a través de fronteras organizativas, ya sea a través del código de identificación de sí mismo o accesible mediante algún mecanismo de consulta.*
  - 3. Pueden comunicar lo que hay que hacer con ellos a los sistemas de información y a los usuarios cuando sea necesario (incluso de forma pro-activa).”*
- 

Ventä define un producto inteligente como un sistema que [19]:

- “1. Monitoriza continuamente su estado y el de su entorno.*
  - 2. Reacciona y se adapta a las condiciones ambientales y operacionales.*
  - 3. Mantiene un rendimiento óptimo en circunstancias variables, incluso en casos excepcionales.*
  - 4. Se comunica activamente con los usuarios, el entorno y otros productos y sistemas.”*
-



Finalmente se volvieron a revisar los artículos atendiendo a la siguiente clasificación:

- 1) Se ajusta a la definición de Maass y Janzen
- 2) Se ajusta a la definición de Mühlhäuser
- 3) Se ajusta a la definición del SmartProducts Consortium
- 4) Se ajusta a la definición de *Intelligent Product* de McFarlane et al.
- 5) Se ajusta a la definición de *Intelligent Product* de Kärkkäinen et al.
- 6) Se ajusta a la definición de *Intelligent Product* de Ventä
- 7) Ofrece una definición propia de *Smart Product*
- 8) No se aporta ninguna definición del concepto de *Smart Product* o no se puede extraer una conclusión sobre la definición en la que se basa el artículo.

Hay que tener en cuenta que la definición dada por el SmartProducts Consortium deriva de la definición de Mühlhäuser, dado que la definición del SmartProducts Consortium es más reciente que la de Mühlhäuser, y la fecha de publicación de los artículos nos permitió determinar cuál es la definición en la que se basan los autores, en el caso de no indicarlo de forma explícita.

La Tabla 10 muestra la frecuencia de referencia a las definiciones que finalmente fueron consideradas en el estudio.

Definición de Smart Product	Artículos	Frecuencia
Maass y Janzen	[S8], [S7], [S2], [S3], [S4]	5
Mühlhäuser	[S1], [S17], [S21], [S2], [S3], [S4]	6
SmartProducts Consortium	[S2], [S4]	2
McFarlane et al.	[S23], [S26], [S10], [S11], [S15], [S9], [S12]	7
Kärkkäinen et al.	[S23], [S11], [S12]	3
Ventä	[S23], [S11]	2
Definición propia	[S1], [S13], [S22], [S15], [S9]	5
No aporta definición o no se extrae conclusión	[S16], [S5], [S14], [S18], [S20], [S25], [S6], [S24], [S19]	9

Tabla 10 - Definición de *Smart Product* empleada en los artículos

#### 4.2.2 Análisis y Discusión

La Ilustración 12 muestra la tendencia de los autores a la hora de basarse en una definición de *Smart Product*.

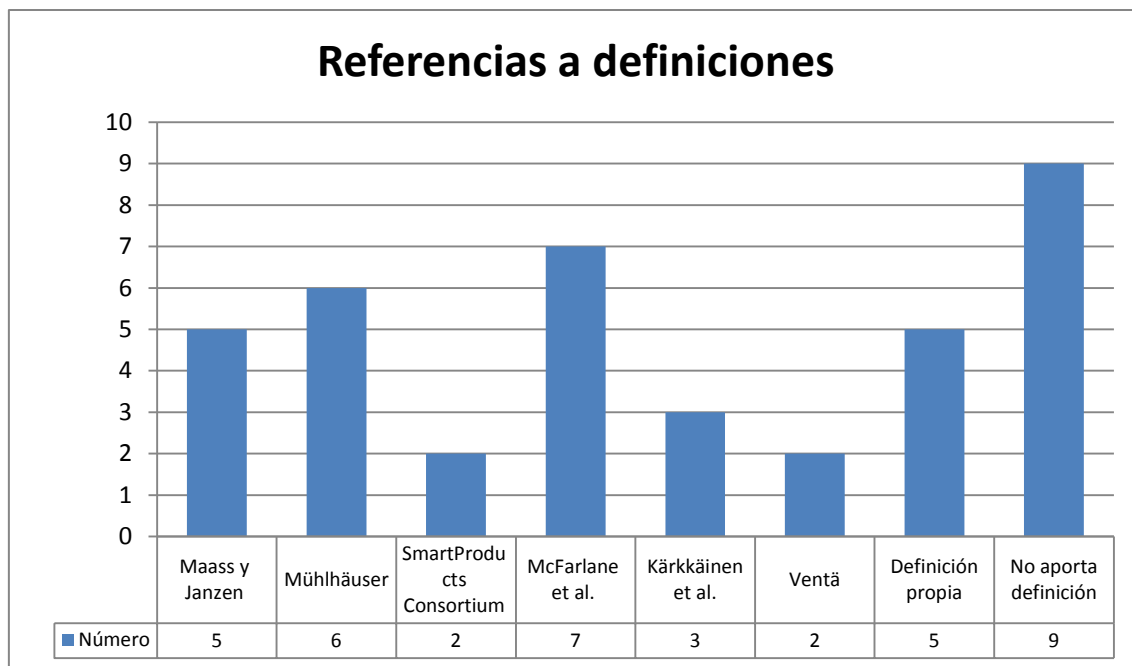


Ilustración 12 – Gráfica de la definición de *Smart Product* utilizada en los artículos

Como se puede observar en la Ilustración 12, las definiciones más utilizadas son la de *Smart Product* de Mühlhäuser, con un 23%, y de Maass y Jazen, con un 19%, y la de *Intelligent Product* de McFarlane et al., con un 23%. Como se puede comprobar en los resultados, la mayor parte de los autores, 9, no aportan una definición de *Smart Product* o no se puede determinar en sus artículos cuál es la fuente utilizada a la hora de basarse en alguna definición existente o dan una definición propia, un 19%. Esto muestra una clara necesidad de establecer una definición común a la hora de hablar de un *Smart Product*.

Dentro de las definiciones encontradas podemos distinguir entre varias categorías:

- 1) Aquellas que se refieren a *Smart Product*. Cuando se habla de *Smart Product* hay una tendencia similar a la hora de utilizar las tres definiciones, por lo que resulta útil la comparativa presentada por M. Sabou et al. [S2] a la hora de establecer las propiedades que debe tener un producto para ser considerado un *Smart Product*.
- 2) Aquellas que se refieren a *Intelligent Products*. La definición más utilizada para hablar de *Intelligent Products* es la propuesta por McFarlane et al. [17].
- 3) Al hablar de *Smart Object* los autores suelen no aportar ninguna definición y suelen hacer referencia al concepto de *Smart Environment*, que puede encajar tanto con la definición de *Intelligent Products* como con la de *Smart Products*.

Entre las definiciones dadas por los autores encontramos que Mühlhäuser en [S1] define *Smart Product* como una entidad, pudiendo ser esta entidad un objeto físico, software o servicio e incluye como características del *Smart Product* la capacidad de auto-organizarse, la conciencia del contexto, la comunicación con otros objetos de su entorno, auto-descripción mediante semánticas, proactividad, interfaces multimodales naturales para comunicación con los usuarios, planificación basada en Inteligencia Artificial y aprendizaje automático.

Valckenaers et al. en [S15] se basan en la definición de McFarlane et al. para presentar una definición propia de un *Intelligent Product*, el cual es presentado como un objeto activo dentro de un sistema. Los autores introducen el concepto de agente, donde se considera que un agente es un objeto proactivo que es capaz de tomar alguna decisión. Un *Intelligent Product* basado en objetos activos es capaz de manejar situaciones de forma autónoma, aunque la presencia de estos productos no implica que sólo ellos sean los que originen todas las iniciativas o decisiones dentro del sistema.

G. Biamino en [S22] habla de *Smart Objects* y llama *Smart* a cualquier objeto que puede ser potenciado con alguna plataforma basada en sensores y que puede acceder a una base de conocimiento. Para conseguir un objetivo determinado se realiza una planificación que incluye la colaboración de varios *Smart Objects*. Esta definición está acorde con las definiciones aportadas por otros autores de *Intelligent Product*.

S. Rijdsdijk et al. en [S13] definen un *Smart Product* como productos que mediante la inclusión de tecnología informática—microchips, software o sensores—son capaces de recopilar, procesar y producir información. Rijdsdijk y Hultink introducen el concepto de *Product Smartness* para identificar las características en un *Smart Product*, de forma que un *Smart Product* debe poseer una o varias de esas características en mayor o menor medida. Estas características son un conjunto de siete dimensiones: la *autonomía*—como el producto es capaz de operar de forma independiente para lograr un objetivo sin intervención del usuario; la capacidad de adaptación—capacidad de adecuar su funcionamiento a su entorno; la reactividad—capacidad para reaccionar a cambios en el entorno; la *multifuncionalidad*—se refiere al fenómeno de que un solo producto realiza múltiples funciones; la capacidad de cooperar—*habilidad* para cooperar con otros dispositivos para alcanzar un objetivo común; la *interacción de forma humana*—capacidad de comunicarse con el usuario de una manera más natural y humana; la *personalidad*—capacidad para mostrar las propiedades de un carácter verosímil, como pueden ser emociones y estados de ánimo. Muchas de estas características están acordes con las definidas por los principales autores al hablar de *Smart Products*.

En [S9] Valckenaers et al.—partiendo de la definición de McFarlane et al.—definen un *Intelligent Product* como una composición de un *Intelligent being* (ser inteligente) y un *intelligent agent* (*agente inteligente*), introduciendo el concepto de *Intelligent Beings*—componentes software suficientemente sofisticado para ser considerados inteligentes y que reflejan una parte de la realidad para proteger el *Intelligent Agent*. Este concepto no aporta ningún valor a la definición de *Intelligent Product*, pero incorpora el concepto de *Intelligent Being* como concepto software para proteger separar la funcionalidad de los *Intelligent Agents*—son funcionales donde sus capacidades de toma de decisiones proporcionan un servicio adecuado—y los *intelligent Beings*—son funcionales cada vez que su realidad es reflejada.

En el estudio se puede apreciar que existe una relación entre los conceptos *Smart Products*, *Intelligent Products* y *Smart Objects*. En el caso de los artículos centrados en *Intelligent Products*, varios autores recurren a una definición de *Intelligent Product* y consideran que el concepto de *Smart Products* es similar al de *Intelligent Product* dentro del contexto de su estudio [S19], [S23], [S11]. En otras ocasiones, al hablar de *Smart Objects*, los autores

presentan definiciones propias que pueden ser englobadas dentro de lo que se entiende por *Intelligent Product* [S22], [S12].

A la hora de poder establecer una relación entre las definiciones propuestas para *Smart Products* e *Intelligent Products* debemos establecer los diferentes contextos en los que los autores aplican las definiciones. Para simplificar la síntesis de los datos y obtener resultados concluyentes consideramos sólo aquellos artículos que se hacen referencia a la definición de alguno de los autores principales.

Contexto	Artículos	Frecuencia
Diseño	[S3], [S19], [S21], [S25], [S14], [S17], [S4], [S1]	8
Internet of Thing	[S2], [S9], [S15], [S22],	4
Product LifeCycle Management	[S7], [S10], [S11], [S12], [S23], [S24]	6
Ambient Intelligence	[S7], [S5], [S6], [S12], [S26], [S8]	6

Tabla 11 – Contexto de la aplicación de la definición de *Smart Product*

La Tabla 11 muestra la clasificación de los artículos en base al contexto en el que aplican la definición. Los contextos extraídos de los artículos y considerados en el estudio son los siguientes:

- 1) Diseño: engloba todos aquellos artículos que se centran en el diseño de nuevos productos, preocupándose del proceso de diseño o del diseño de interfaces para la iteración hombre-máquina o máquina-máquina.
- 2) IoT—*Internet of Things*: engloba aquellos artículos que se tratan de IoT o están relacionados por preocuparse de las redes de objetos y su comunicación con servicios e Internet.
- 3) PLM—*Product LifeCycle Management*: en este contexto entran aquellos artículos centrados en la gestión del ciclo de vida completo de los productos a lo largo de su vida económica.
- 4) Aml—*Ambient Intelligence*: alberga aquellos artículos que se centran en la inteligencia ambiental, desde el punto de vista de entornos formados por objetos que tienen capacidad de comunicación y computación.

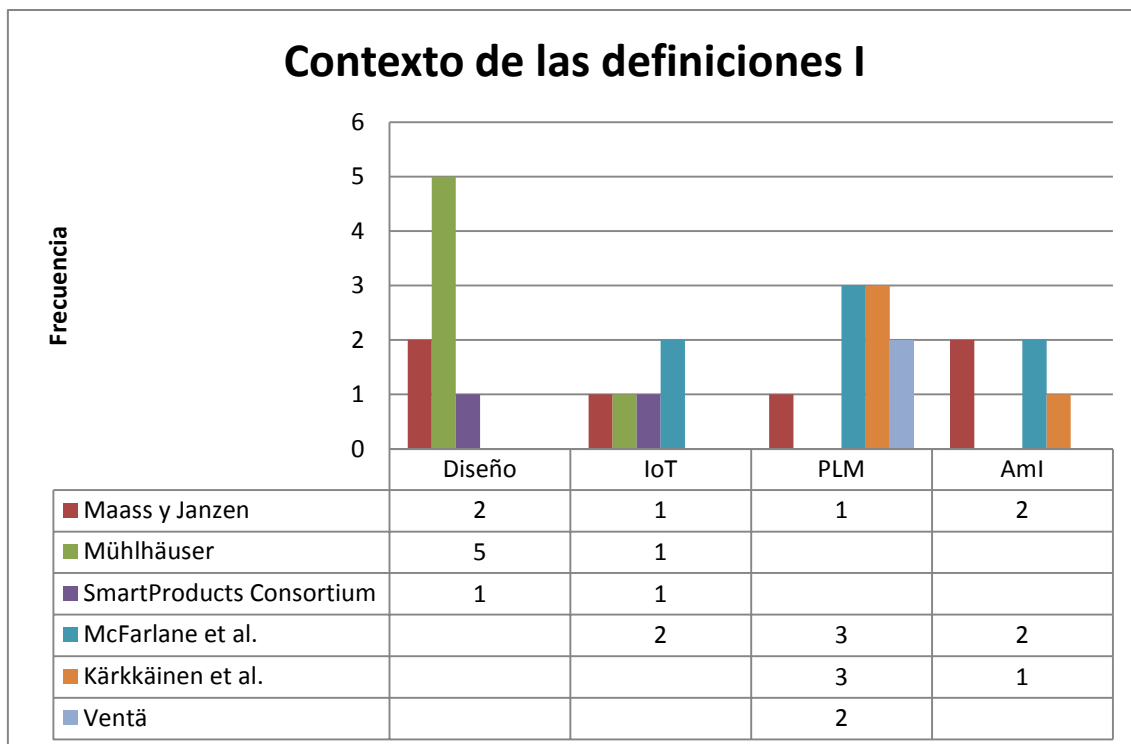


Ilustración 13 – Gráfica de distribución del contexto en relación a las diferentes definiciones

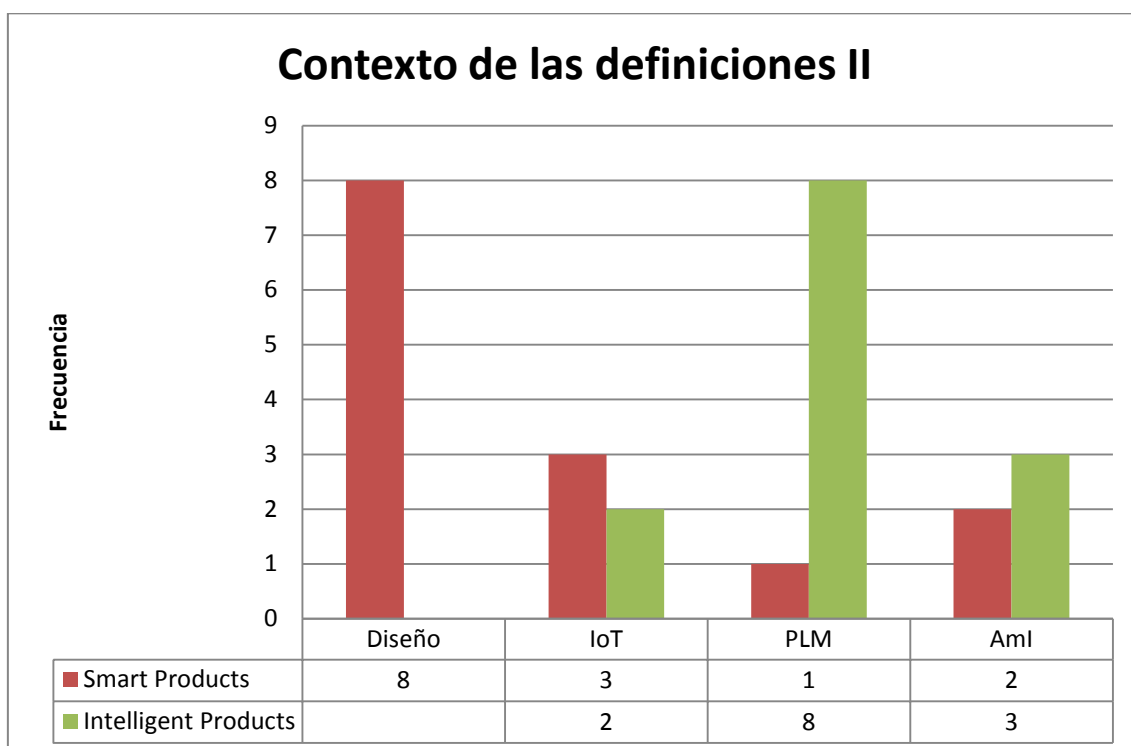


Ilustración 14 – Gráfica de distribución del contexto en base al grupo de definición

En la Ilustración 14 podemos observar que hay una tendencia de los autores de *Smart Products* a tratar temas relacionados con el diseño, mientras que los autores que hablan de *Intelligent Products* se centran más en PLM. En la Ilustración 13, salvo en el contexto del diseño, se puede

observar que existe una clara relación entre las definiciones de *Smart Product* y de *Intelligent Product*, y que en determinados contextos se puede utilizar de forma intercambiable el concepto de *Smart Product* y el de *Intelligent Product*.

Cuando nos centramos en el contexto del diseño los autores suelen referirse a los *Smart Products*, mayoritariamente usando la definición de Mühlhäuser.

En el caso de IoT podemos usar tanto las definiciones de *Smart Products* como la definición de *Intelligent Product* propuesta por McFarlane et al, siendo esta la más utilizada.

En el contexto de PLM, los autores suelen preferir las definiciones de *Intelligent Product*, preferentemente la de McFarlane et al. y la de Kärkkäinen et al., aunque también aparece la definición de *Smart Product* propuesta por Maass y Janzen.

Al hablar de Aml, los autores utilizan tanto la definición de Maass y Janzen de *Smart Product* como la de McFarlane et al. de *Intelligent Product*.

La Tabla 12 amplía la comparativa realizada por M. Sabou et al. [S2] entre las distintas definiciones dadas por los autores para *Smart Product* y amplía con las definiciones de *Intelligent Product*. A partir de esta tabla se presentan las sub-ontologías de la Ilustración 16 y la Ilustración 17, los cuales responden al metamodelo definido en la Ilustración 15. La Ilustración 16 y la Ilustración 17 componen la ontología para la definición de *Smart Thing*, pero han sido separadas en sub-ontologías para facilitar la comprensión del lector.

El metamodelo para la definición de *Smart Thing* de la Ilustración 15 habla del concepto de *Smart Thing* como aquel producto/objeto que responde a cualquiera de las definiciones de *Smart Product* o de *Intelligent Product*.

La sub-ontología de la Ilustración 16 presenta la relación existente entre las características aportadas por los autores para dar una definición de *Smart Product* y de *Intelligent Product*. Por otro lado la sub-ontología de la Ilustración 17 muestra la aplicación de las definiciones en los distintos contextos identificados en este trabajo.

La ontología nos muestra que existen varias definiciones aplicables al concepto de *Smart Thing*, tanto al hablar de *Intelligent Product* como al hablar de *Smart Product*. Para que un producto sea considerado *Smart Product* o *Intelligent Product* debe cumplir una serie de características, como podemos observar algunas de estas características son recurrentes en las distintas definiciones aportadas por los autores.

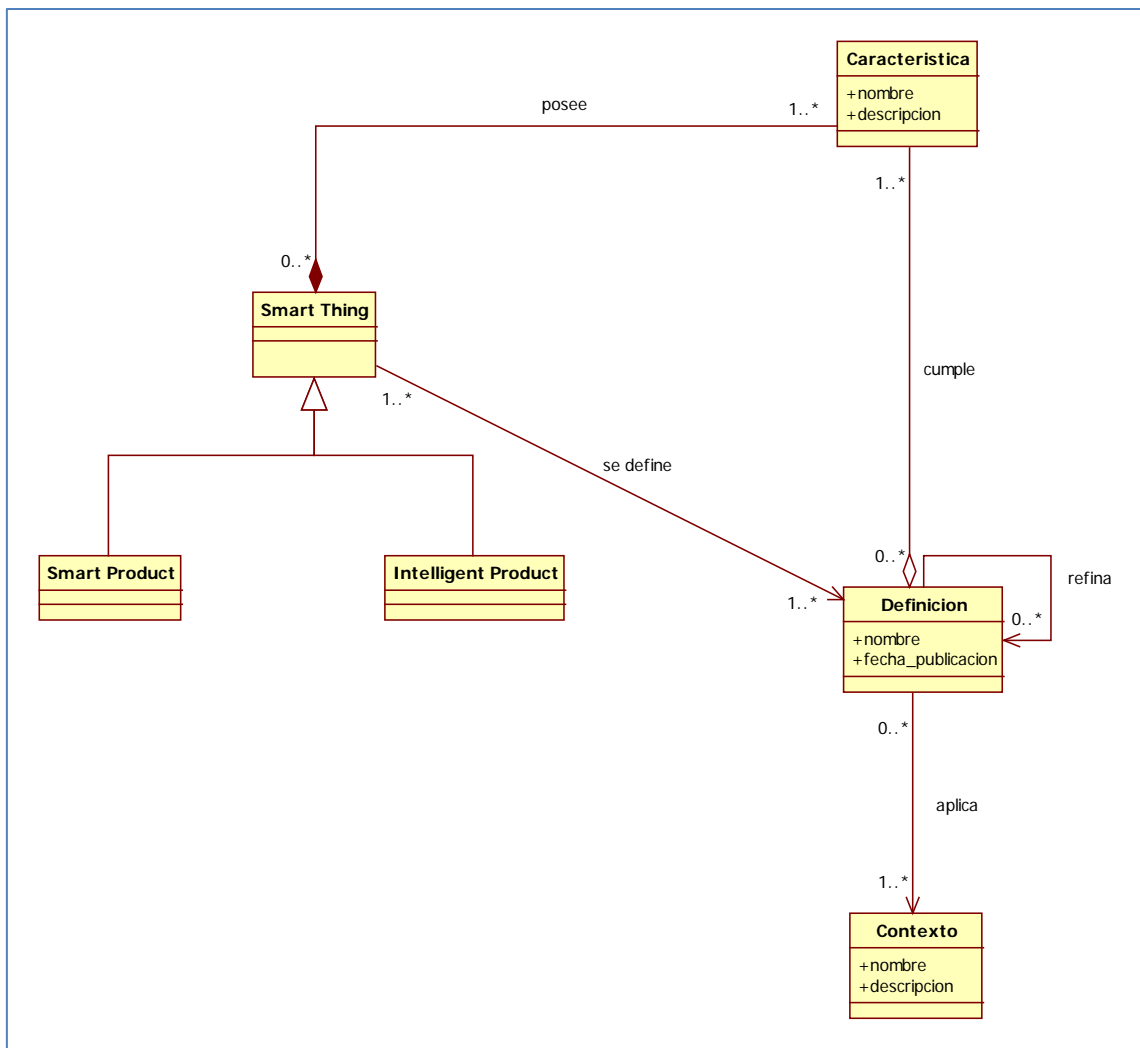


Ilustración 15 – Metamodelo para la definición de *Smart Thing*

	<b>Smart Thing</b>					
	<b>Smart Product</b>			<b>Intelligent Product</b>		
	<b>Maass et al.</b>	<b>Mühlhäuser</b>	<b>Smartproduct Cons.</b>	<b>McFarlane et al.</b>	<b>Kärkkäinen et al.</b>	<b>Ventä</b>
<b>Contextualización</b>	Contextualizado	Conciencia contexto	Ubicado y consciente del contexto			Monitoriza estado y entorno
<b>Proactividad</b>	Pro-actividad	Comportamiento Pro-activo	Acercamiento pro-activo al usuario			Rendimiento óptimo en circunstancias variables
<b>Auto-organización</b>	Capacidad de red	Auto-organizase incorporado	Auto-organizarse incorporado en entornos de <i>Smart Products</i>	Comunicación con el entorno		Comunicación con usuarios y el entorno
<b>Apoyo ciclo de vida</b>		Apoyo a la totalidad del ciclo de vida	Apoyo al usuario durante todo el ciclo de vida	Participa en su propio destino	Comunica lo que hay que hacer con él a sistemas de información	
<b>Personalización</b>	Personalización					
<b>Consciencia empresarial</b>	Consciencia empresarial					
<b>Adaptabilidad</b>	Adaptabilidad					Adaptación a condiciones ambientales y operacionales
<b>Autonomía</b>			Autonomía			
<b>Identificación global</b>				Id único	Id único global	
<b>Información de producto</b>				Almacenar datos sobre sí mismo		
<b>Lenguaje</b>				Lenguaje para mostrar características	Enlaces a información de productos a través de fronteras	

Tabla 12 - Agrupación de características comunes de las diferentes definiciones



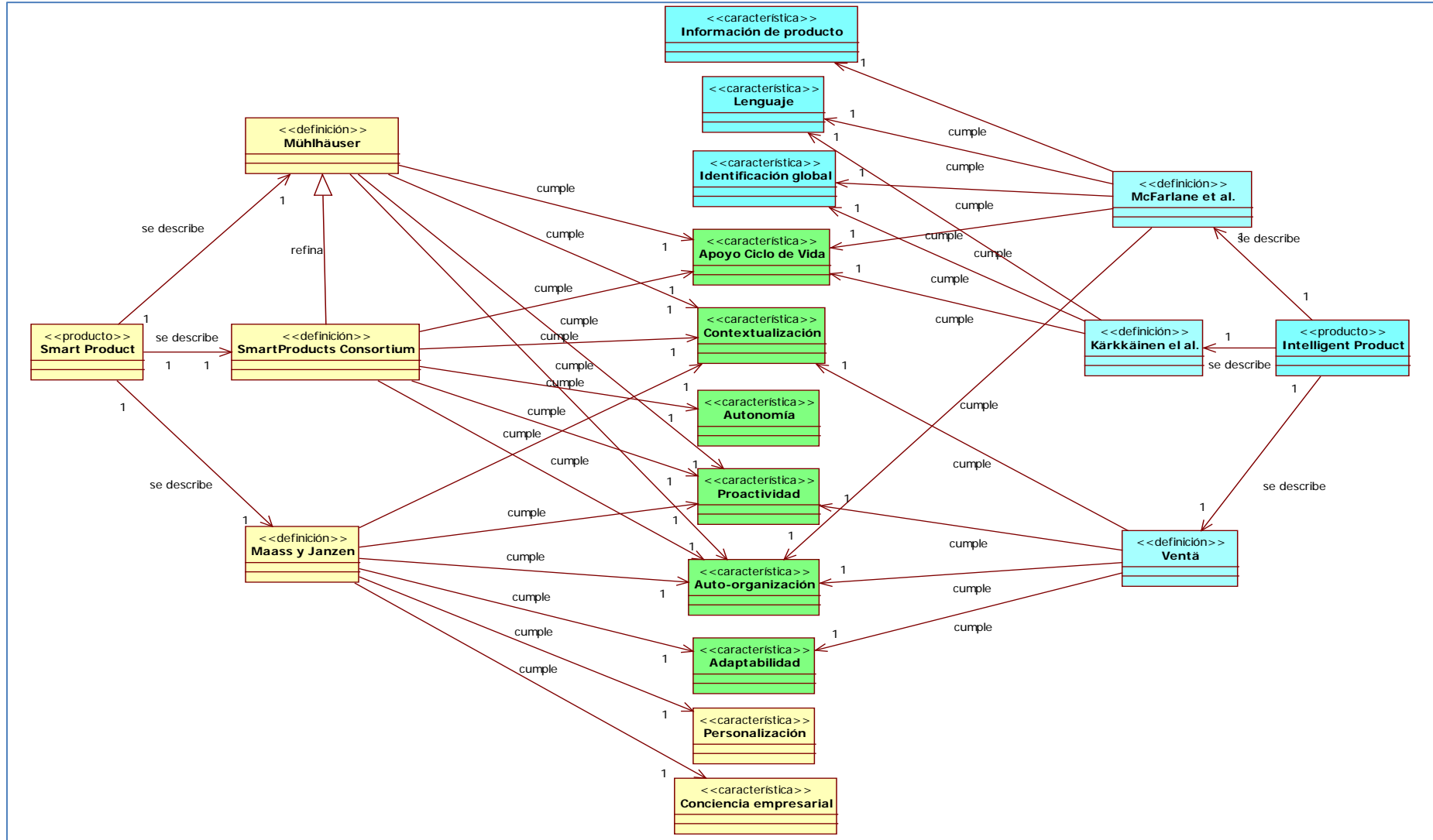


Ilustración 16 - Ontología para la definición de *Smart Thing*

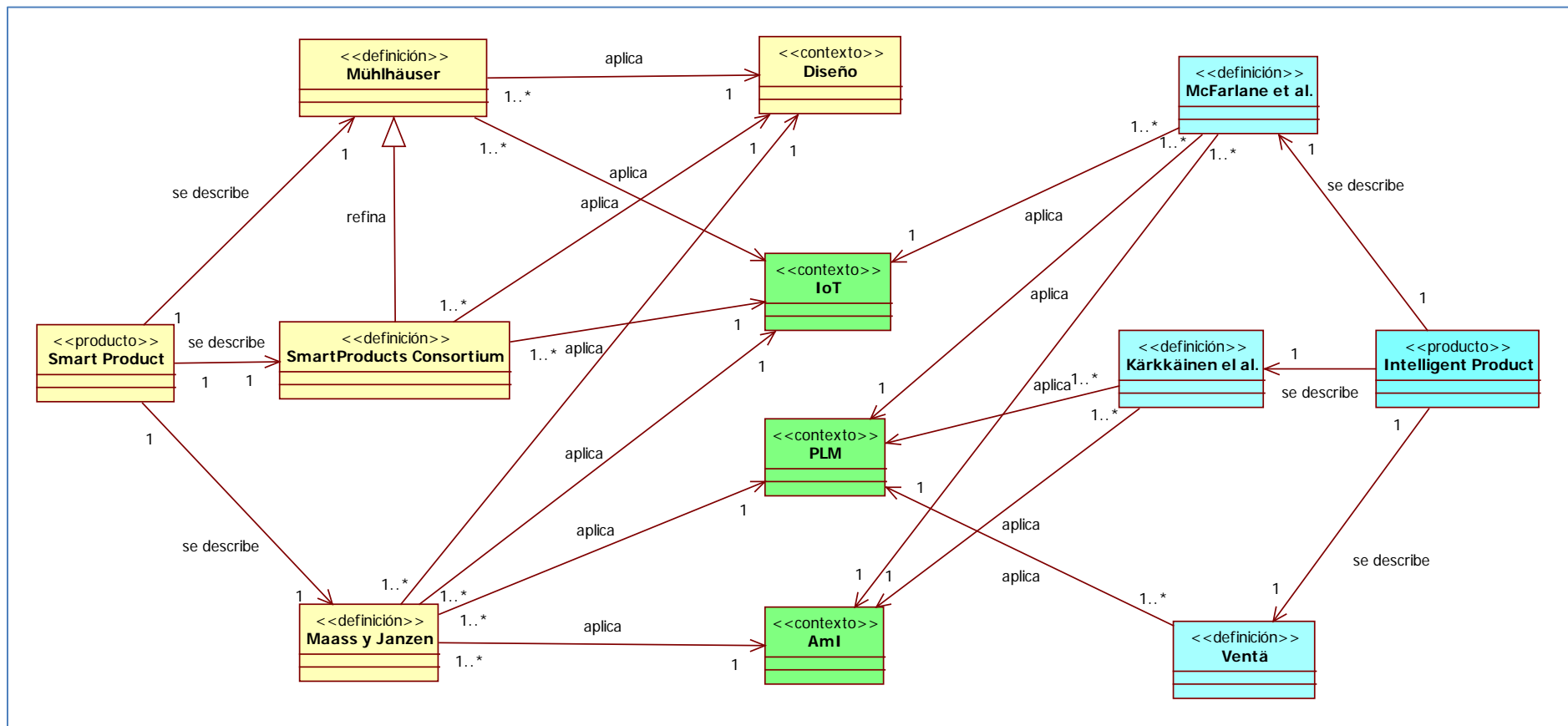


Ilustración 17 - Ontología para la aplicación del contexto de las definiciones de *Smart Thing*

### 4.3 ESTUDIO LAS DEFINICIONES DE SMART PRODUCTS DESDE LA PERSPECTIVA DE AUTONOMIC COMPUTING (RQ2)

Mediante esta pregunta de investigación pretendemos establecer el conocimiento previo de *Autonomic Computing* como un punto de partida a la hora de abordar el diseño de *Smart Products*, para ello consideramos las referencias en los artículos, tanto a los objetivos como a los atributos de un producto para ser considerado un producto *Autonomic Computing*.

#### 4.3.1 Resultados

Para cada uno de los artículos establecimos su relación con las propiedades de *Autonomic Computing* en base a si cumple con las siguientes condiciones:

- 1) El *Smart Product* es capaz de realizar sin intervención externa una o varias tareas de gestión o el objetivo del estudio es que lo haga.
  - a. *Self-configuration*—Auto-configuración. Capacidad para adaptarse a los cambios de su entorno. El sistema es capaz de responder en tiempo de ejecución a condiciones no previstas. Estas configuraciones ocurren de forma automática y permiten una mejor adaptación a entornos cambiantes.
  - b. *Self-healing*—Auto-recuperación. Capacidad para supervisar, diagnosticar y reparar los fallos que pueden aparecer en el sistema. Determinados sucesos extraordinarios pueden causar daños en algunas partes del sistema, por ese motivo el sistema debe ser capaz de detectar problemas existentes o potenciales y buscar una reconfiguración que le permita seguir funcionando de manera correcta.
  - c. *Self-optimization*—Auto-optimización. Capacidad para buscar formas de funcionamiento eficientes en base a la utilización de sus recursos. El sistema no debe permanecer invariante y siempre debe estar buscando un perfeccionamiento de su funcionamiento adaptando sus recursos para lograr metas predeterminadas de la forma más óptima.
  - d. *Self-protection*—Auto-protección. Capacidad de defenderse de forma automática contra ataques y protegerse de ellos. El sistema debe ser experto en auto-protección de posibles ataques a su entorno virtual, por lo que debe poder descubrir, identificar y auto-protegerse de distintos tipos de ataques garantizando la integridad y funcionamiento del sistema.
- 2) El *Smart Product* posee alguna de las características que permiten la auto-gestión de los *Autonomic Systems* o el objetivo del estudio es que la posea.
  - a. *Self-aware*—Conciencia de sí mismo. El sistema conoce su estado interno.
  - b. *Self-situated*—Conciencia del entorno. El sistema conoce las condiciones actuales del entorno en el que se ejecuta.
  - c. *Self-monitoring*—Auto-control. El sistema es capaz de detectar cambios en su entorno y en las condiciones de ejecución.
  - d. *Self-adjusting*—Auto-ajustable. El sistema es capaz de adaptarse a los cambios y condiciones de su entorno detectados por el auto-control.

Hay que tener en consideración que las características de auto-control y auto-ajuste de *Autonomic Computing* están ligadas a las tareas de gestión y en muchos casos no son

mencionadas directamente en el artículo pero aparecen de forma indirecta al referenciar alguna de las tareas de gestión.

La Tabla 13 muestra la frecuencia de aparición de alguna referencia, tanto implícita como explícita, en los artículos a las propiedades de *Autonomic Computing*. Estas referencias se registraron basándonos en si el autor mencionaba la necesidad de alguna de esas características o si a lo largo del artículo se deduce que esas características pueden ayudar a conseguir la especificación y el diseño o implementación del *Smart Product*.

<b><i>Autonomic Computing</i></b>	<b>Artículos</b>	<b>Frecuencia</b>
Auto-configuración	[S15], [S5], [S19], [S17], [S21], [S14], [S13], [S23], [S24], [S7], [S18], [S11], [S1], [S2], [S3], [S4]	16
Auto-recuperación	[S20], [S21], [S26], [S23], [S4]	4
Auto-optimización	[S20], [S17], [S21], [S12], [S7], [S11], [S2], [S3], [S4]	9
Auto-protección	[S26]	1
Conciencia de sí mismo	[S15], [S9], [S20], [S10], [S17], [S8], [S21], [S26], [S25], [S13], [S12], [S23], [S24], [S7], [S18], [S11], [S1], [S2], [S3], [S4]	20
Conciencia del entorno	[S15], [S5], [S19], [S10], [S17], [S8], [S21], [S26], [S25], [S13], [S12], [S22], [S23], [S24], [S7], [S18], [S11], [S1], [S2], [S3], [S4]	21
Auto-control	[S15], [S20], [S5], [S19], [S17], [S21], [S26], [S13], [S23], [S24], [S7], [S11], [S1], [S2], [S3], [S4]	16
Auto-ajustable	[S15], [S20], [S5], [S19], [S17], [S21], [S26], [S13], [S23], [S24], [S7], [S11], [S1], [S2], [S3], [S4]	16

**Tabla 13 – Relación de *Smart Products* con *Autonomic Computing* en los artículos**

Valckenaers et al. [S15] introducen el concepto de *Active Object* como objeto capaz de tomar alguna iniciativa y manejar ciertos cambios en su entorno de forma autónoma. Este comportamiento se corresponde con la tarea de Auto-Configuración de *Autonomic Computing*, ya que se trata de una condición prevista, y es necesario que cuente con las características de conciencia del entorno, auto-control y auto-ajuste. En las referencias [S15] y [S9] los autores hablan de una serie de servicios que poseen los *Intelligent Product*, entre ellos el de *Self-models*, que es informa sobre sus características técnicas y estados, coincidiendo con la característica de conciencia de sí mismo de *Autonomic Computing*.

El artículo [S20] destaca la necesidad de optimizar el consumo de recursos de CPU de los *Smart Products* y la importancia de la recuperación de errores. Estas necesidades coinciden

con la tarea de auto-optimización y auto-recuperación y para su implementación es necesaria una conciencia de sí mismo, un auto-control y un auto-ajuste.

El artículo [S5] centra su estudio en Aml—*Ambient Intelligence*—y destaca la necesidad del conocimiento del y adaptación al entorno, llamados *Smart Environments*. Este conocimiento del entorno coincide con la conciencia del entorno de *Autonomic Computing* y la tarea de *Auto-Configuración*.

Liu en [S19] centra su estudio en la usabilidad de los *Intelligent Products*. En relación a esa usabilidad y comunicación usuario-máquina se habla de la posibilidad de interpretar la conducta de los usuarios, para ello es necesaria una conciencia del entorno, en el que se encontraría el usuario, y una auto-configuración, para adaptarse a esa conducta.

Baïna y Panetto en [S10] se centra en los sistemas de fabricación y destaca la importancia de que los *Intelligent Products* sean capaces de interactuar con su entorno para el control de producción. Los autores enumeran las características que debe tener un *Intelligent Product*, siguiendo la definición de McFarlane et al. Dentro de estas características podemos observar la capacidad de comunicación con el entorno, que se corresponde con la conciencia del entorno, la capacidad para mostrar información sobre sus características, para lo que se requiere una conciencia de sí mismo. Los autores diferencian entre dos niveles, en el nivel 1 se encontrarían los productos orientados a información y en el nivel 2 los orientados a decisiones, en los que se destaca que el producto es capaz de tomar parte a la hora de decidir sobre su propio destino. El artículo se centra en los de nivel 1, por lo que no tendremos en cuenta la toma de decisiones.

En [S17] Ständer analiza la comunicación de los *Smart Products* con otros productos y con los usuarios y hablan de la necesidad de que los productos se adapten al entorno en el que se encuentran para que el usuario perciba un producto menos estático. Esta necesidad se puede cubrir con la característica de conciencia del entorno y la tarea de auto-configuración, y en el caso de pretender una plena adaptación al comportamiento del usuario hablaríamos también de la tarea de auto-optimización, para lo que es necesaria una conciencia de sí mismo.

El artículo [S8] presenta un sistema para la recomendación de compra de productos en base a compatibilidad con el producto seleccionado, para ello los productos deben conocer sus propias características y las de los productos de su entorno. Estas características se corresponden con la conciencia de sí mismo y la conciencia del entorno.

Ahram et al. en [S21] describen la característica de *smartness* en un producto como la capacidad de predecir errores de negocio y fallos, coincidiendo con la *auto-recuperación* en *Autonomic Computing*. Los autores sitúan los *Smart Product* dentro de Aml—*Ambient Intelligence*—donde los productos se integran con otros productos de su entorno para mejorar la experiencia del usuario. De esta necesidad, y las definiciones dadas por Mühlhäuser; *Smart Products Consortium*; y Maass y Varshney hace que los *Smart Products* requieran de una conciencia de sí mismo, conciencia del entorno auto-control y auto-ajuste, además de poseer *auto-configuración* y *auto-optimización*.

El artículo [S14] centra su estudio en el diseño de interfaces para *Intelligent Products*. El artículo se basa en la usabilidad desde el punto de vista de diseñador y usuario, este diseño se

podría facilitar apoyándose en la tarea de auto-configuración, de forma que sea el producto el que se adapte a las necesidades y condiciones de los usuarios.

El artículo [S26] presenta una propuesta para aplicación de Aml—*Ambient Intelligence*—en entornos industriales. El artículo habla del concepto de *Intelligent Product* como objetos que interactúan entre ellos de forma autónoma y se preocupa de definir un *framework* para garantizar la seguridad activa del sistema. *Autonomic Computing* puede ayudar a esta tarea mediante las tareas de gestión de auto-protección y auto-recuperación, para poder llevar a cabo estas tareas es necesario contar con las cuatro características de *Autonomic Computing*.

Niskanen en [S25] realiza una propuesta para el diseño de sistemas de *Smart Products* donde destaca la importancia de la comunicación con el entorno. Para una correcta comunicación con el entorno nos podemos apoyar en *Autonomic Computing*, en la característica de conciencia del entorno, para detectar y comunicarnos con el resto de *Smart Objects*; y conciencia de sí mismo, para enviar información a cerca de su propio estado.

El artículo [S13] realiza un estudio sobre la percepción de *Smart Products* que tienen los consumidores. Los autores presentan una serie de dimensiones que tiene un *Smart Product*, algunas de estas dimensiones se pueden apoyar en *Autonomic Computing*: la autonomía de un producto para conseguir un objetivo y la adaptabilidad se pueden apoyar en la auto-configuración; la adaptabilidad reactividad se puede apoyar en la característica de auto-control y auto-ajuste; la habilidad para cooperar y la iteración de forma humana se pueden apoyar en la conciencia del entorno; y por último la personalidad no podría llevarse a cabo sin una conciencia de sí mismo.

En [S12] López et al. hablan del concepto de *Smart Object*, los cuales pueden clasificarse con una serie de características. *Autonomic Computing* puede ayudar a la implementación de estas características mediante: la conciencia del entorno para ayudar a situarse dentro del entorno y tener capacidad de cooperación en red; la conciencia de sí mismo para un conocimiento de sus condiciones físicas; y la auto-optimización para poder actuar con sus dispositivos internos.

La referencia [S22] se centra en tratar los *Smart Objects* desde el punto de vista de la comunicación y colaboración entre ellos. *Autonomic Computing* ayuda a la resolver este punto con la ayuda de la conciencia del entorno.

El artículo [S23] realiza una propuesta para la definición de ontologías para *Intelligent Products* centrado en PLCS—*Product LifeCycle Support*. Los autores introducen unos niveles para identificar la inteligencia de los productos. Las características mostradas en estos niveles pueden apoyarse en *Autonomic Computing*: mediante la conciencia de sí mismo, la conciencia del entorno, auto-el control y auto-ajuste en el nivel 2; la auto-configuración en el nivel 3; y auto-recuperación en el nivel 4.

El artículo [S24] presenta una arquitectura para la gestión del ciclo de vida de los *Smart Objects*. Esta arquitectura se puede apoyar en *Autonomic Computing* con las características de conciencia de sí mismo, y conciencia del entorno, dado que los objetos deben saber en cada momento dónde y cómo se encuentran; otras características que pueden ayudar son el auto-control y el auto-ajuste, para que los objetos detecten y reaccionen a esos cambios planificados de condiciones del entorno; la tarea de autoconfiguración ayuda a que los objetos

reaccionen a esos cambios de condiciones inesperado en el flujo establecido—como puede ser un cambio de temperatura en el ejemplo que proponen.

Maass et al. en [S7] realizan un estudio de la utilización de los *Smart Products* en PLC—*Product Life Cycle*—y presenta una serie de características que debe tener un *Smart Product*. *Autonomic Computing* puede ayudar a la implementación de varias de esas características: situado, mediante la conciencia de sí mismo y la conciencia del entorno; personalizado, mediante el auto-control y el auto-ajuste; adaptativo, mediante la auto-configuración pro-activo, mediante la auto-optimización.

Zaeh et al. en [S18] presentan la utilización de *Smart Products* dentro del campo del control y planificación de producción. Los autores destacan la importancia de que los productos sean capaces de almacenar información sobre sí mismo y sobre el entorno para que el sistema pueda adaptar la planificación de la producción, *Autonomic Computing* puede ayudar a estos objetivos mediante las características de conciencia de sí mismo, conciencia del entorno. Además los autores hablan de la necesidad de que el sistema sea capaz de responder a sucesos inesperados, de nuevo podemos apoyarnos en *Autonomic Computing*, en este caso con la tarea de auto-configuración.

El artículo [S11] realiza un estudio de los *Intelligent Products* y sus definiciones. De esas definiciones de *Intelligent Products* concluimos que pueden ser apoyadas por las cuatro características de *Automic Computing*: conciencia de sí mismo, conciencia del entorno, auto-control y auto-ajuste; y por la tarea de gestión de auto-configuración. La definición de *Ventä* también puede ser apoyada por la auto-optimización para mantener un rendimiento óptimo.

En [S1] Mühlhäuser aporta una definición para *Smart Products*. Las características propuestas por el autor pueden apoyarse en las cuatro características de *Autonomic Computing* y en la tarea de gestión de auto-configuración.

Sabou et al. en [S2] realizan un estudio de los *Smart Products* y hace una reflexión sobre las características que se pueden extraer de las definiciones de los distintos autores. [S3] hace una aproximación para el diseño y modelado de *Smart Products* basándose en las definiciones de los principales autores. De los principales autores podemos concluir que las características de un *Smart Product*, según la definición de Mühlhäuser y la definición del *Smart Product Consortium* pueden ser apoyadas por las cuatro características de *Autonomic Computing* y por la tarea de gestión de auto-configuración. Por otro lado la definición de Maass y Varshney puede ser apoyada por las cuatro características de *Autonomic Computing* y por la tarea de auto-optimización, desde el punto de vista la pro-actividad para anticiparse al usuario. [S4] se basa en las mismas definiciones para *Smart Products* para realizar un estudio de la aplicación de redes sociales en el diseño de *Smart Products* y además añade la necesidad de predecir errores de negocio y fallos, para lo que podemos utilizar la tarea de auto-recuperación.

4.3.2 Análisis y Discusión

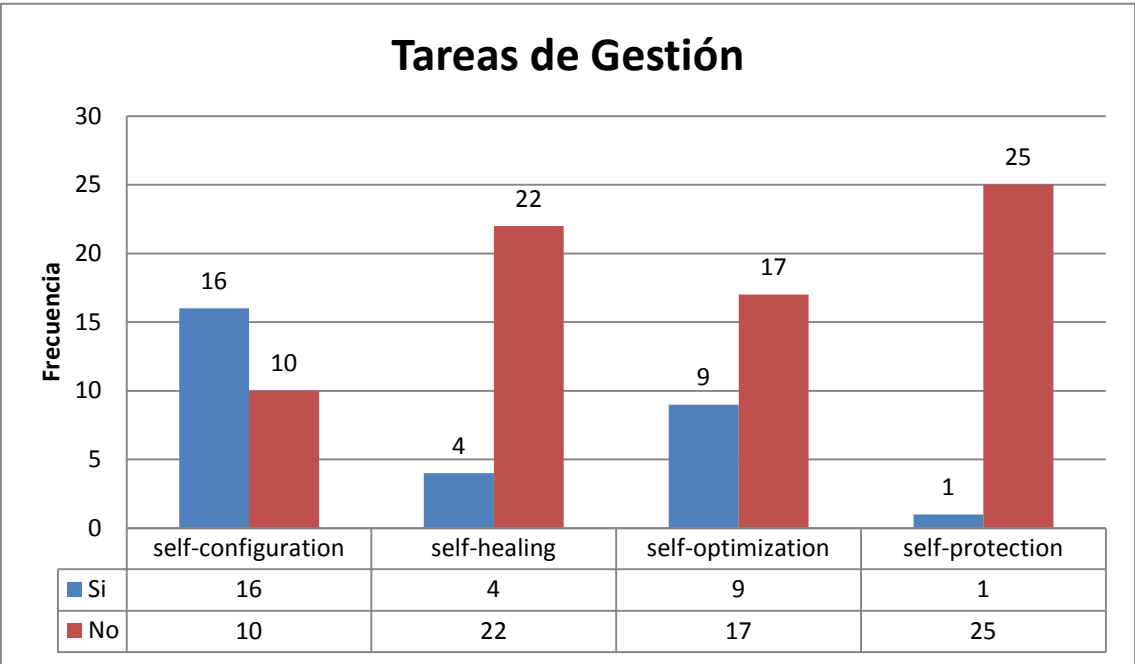


Ilustración 18 – Gráfica de referencias a tareas de gestión de AC en los artículos

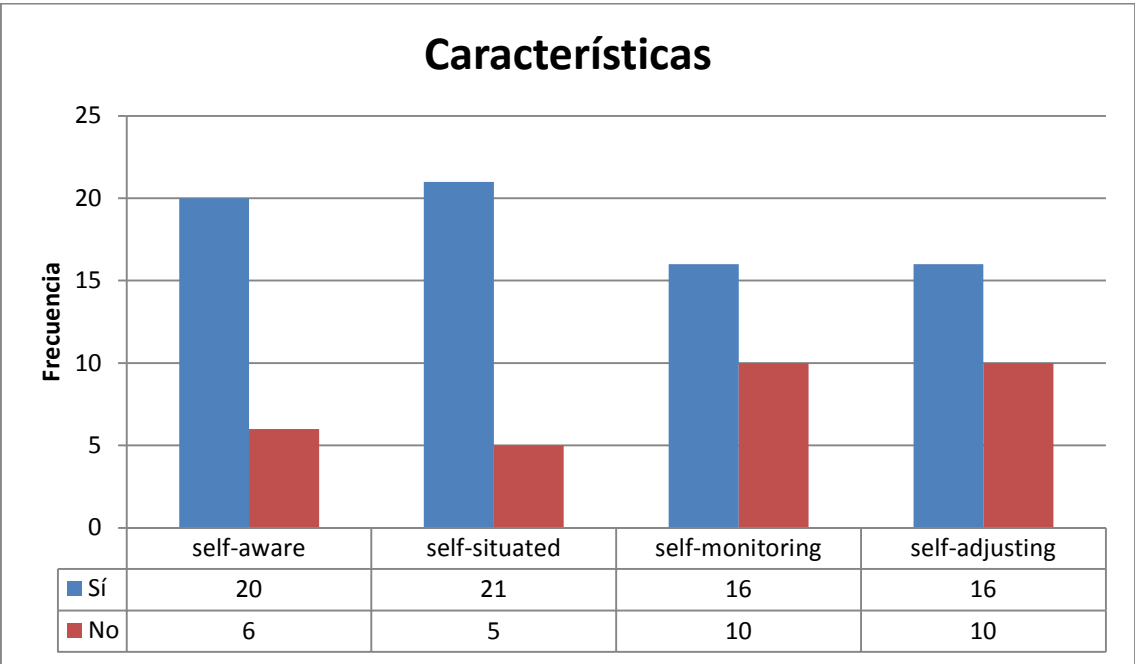


Ilustración 19 – Gráfica de referencias a características de AC en los artículos

De los datos obtenidos podemos concluir que el conocimiento previo de *Autonomic Computing* sí puede ayudar en la especificación y el diseño de *Smart Products*.

En la Ilustración 18 se muestran los artículos que pueden apoyarse en las tareas de gestión de *Autonomic Computing* para la especificación y el diseño de los *Smart Products*. Se puede observar que la tarea de gestión de *Autonomic Computing* que más puede ayudar a la



especificación y el diseño de *Smart Products* es la tarea de auto-configuración—que aparece en el 62% de los artículos; seguida por la de auto-optimización—con un 34%; y la de auto-recuperación—con un 15%. Un dato importante es que a pesar de la importancia que puede tener la auto-protección, sólo un artículo refleja una preocupación por la misma.

En la Ilustración 19 se muestran los artículos que pueden apoyarse en las características de *Autonomic Computing* para la especificación y el diseño de *Smart Products*. De los datos obtenidos podemos observar que existe una gran vinculación entre las características de *Autonomic Computing* y las de los *Smart Products*. La característica más utilizada es la de conciencia del entorno—que aparece referenciada en un 80% de los artículos; seguida por la conciencia de sí mismo—que aparece en un 76%; y por el auto-control y el auto-ajuste—con un 61%.

La Ilustración 21 muestra mediante una ontología qué atributos y tareas de gestión de *Autonomic Computing* pueden apoyar a las definiciones de los distintos autores de *Smart Product*, para ello se aplica el metamodelo definido en la Ilustración 20, ampliando el metamodelo definido en la Ilustración 15.

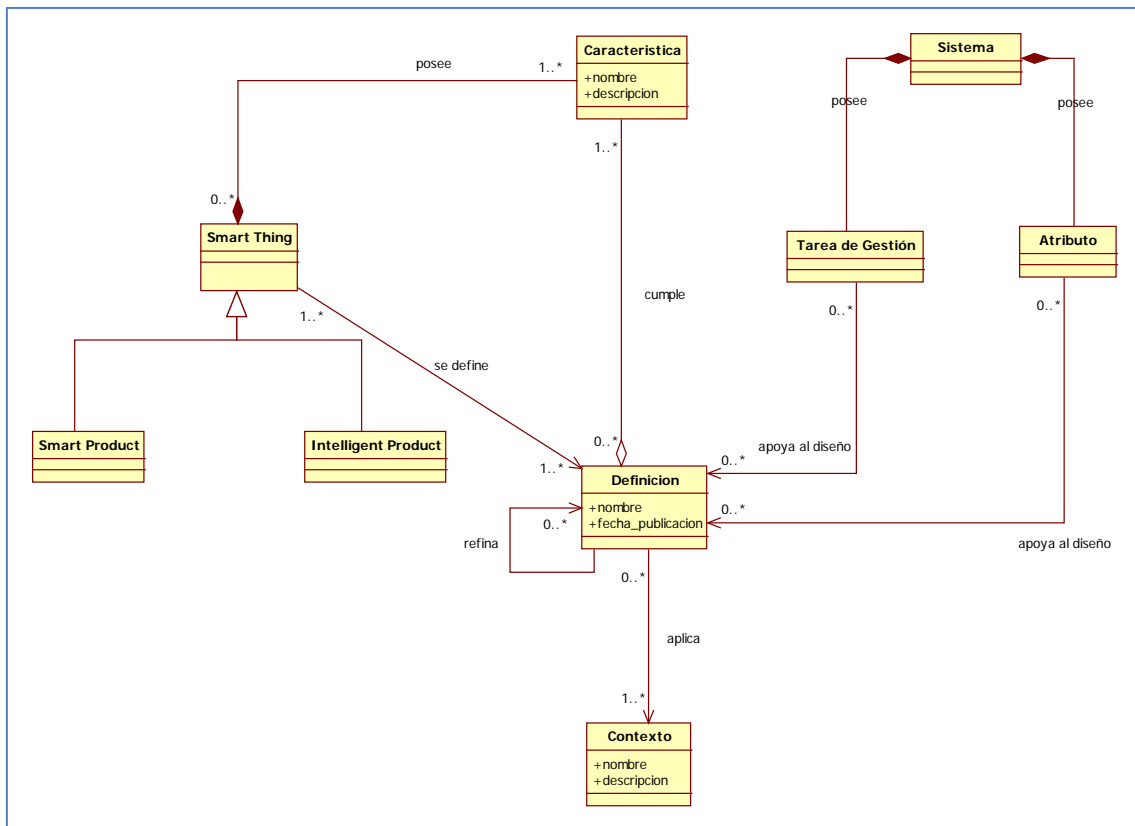


Ilustración 20 - Metamodelo para la representación de la relación AC con *Smart Thing*

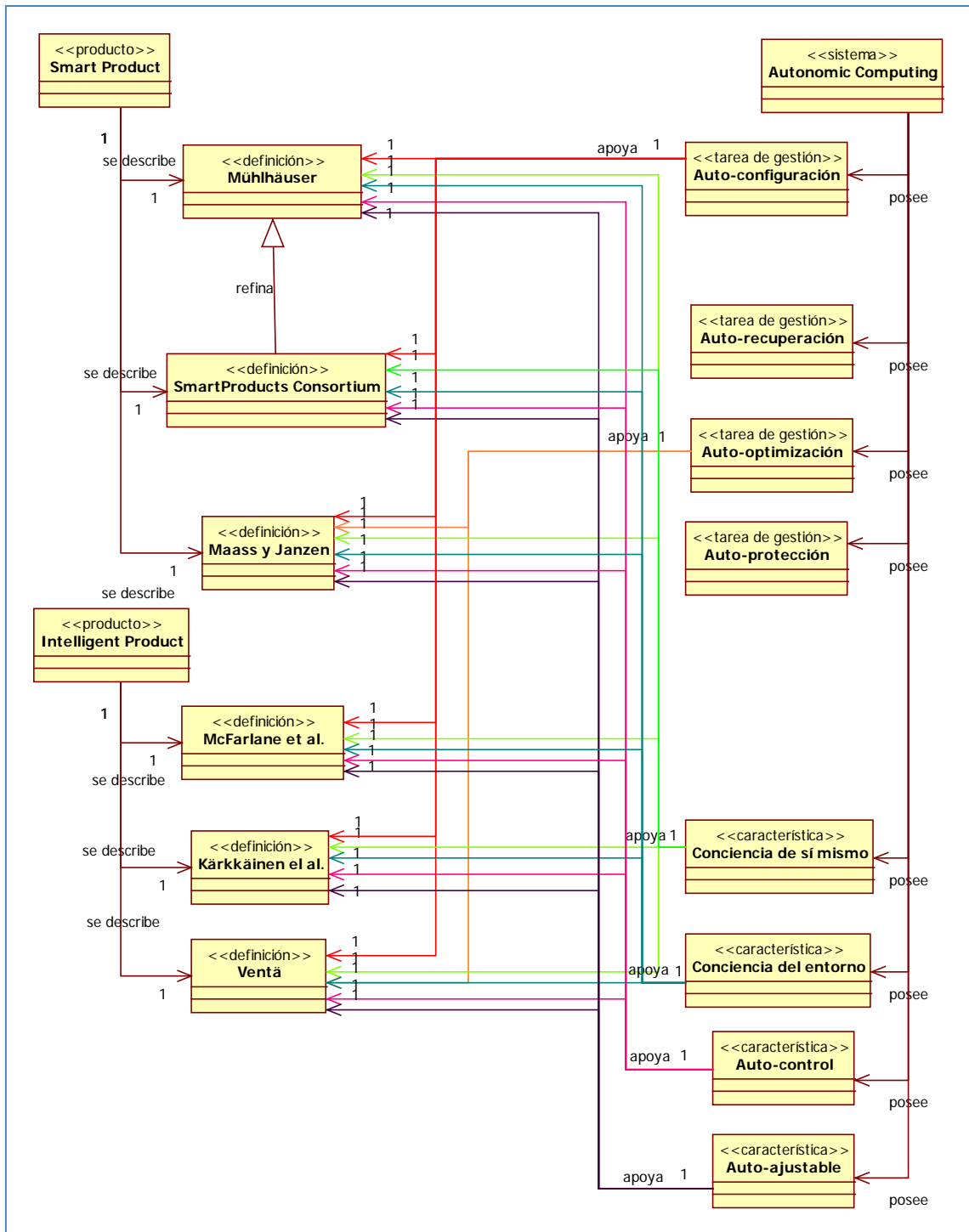


Ilustración 21 – Ontología para la representación de la relación AC con Smart Thing

## 5 DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

*Este capítulo realiza un resumen de los datos que hemos obtenido durante el proceso de la revisión sistemática y una discusión y conclusión sobre esos datos. Por último se presentan posibles líneas de investigación para trabajos futuros sobre estos temas.*

### 5.1 RESUMEN DE LOS RESULTADOS

Los *Smart Products* están cada vez más presentes en la sociedad, en los hogares, el trabajo y la vida cotidiana. La contribución de este estudio ha sido investigar e identificar las diferentes definiciones que están manejando los investigadores en la actualidad al hablar de este tipo de productos.

Otra de las contribuciones de este trabajo ha sido identificar la relación existente entre *Smart Products* y *Autonomic Computing*. Mediante el conocimiento de las diferentes definiciones podemos conocer qué características hacen de un producto un *Smart Products*. Aquellos investigadores que ya dominen *Autonomic Computing* pueden basarse en los resultados obtenidos (RQ2) para diseñar *Smart Products*.

Dentro del estudio también se ha contextualizado los artículos para una mejor comprensión de los mismos, identificando el año de publicación, el método de investigación utilizado y el tipo de sistema software en el que se basaba el artículo.

En cuanto al año de publicación, los *Smart Product* son un tema relativamente joven, por lo que se estableció como año de partida para las publicaciones el 2008. De los artículos analizados 6 artículos (23%) se publicaron en 2008, 7 artículos (27%) se publicaron en 2009, 5 artículos (19%) se publicaron en 2010 y 8 artículos (31%) se publicaron en 2011, lo que muestra que a pesar de que el interés por estos estudios se ha mantenido constante durante estos cuatro últimos años, existe un pequeño incremento de las publicaciones durante 2011.

De los artículos analizados 18 (69%) se tratan de casos de estudio y el 31% restante se dividen en experimentos, donde se encuentran 5 artículos (19%) y sondeos, con 3 artículos (12%). No se encontró ningún informe industrial, investigación acción u otro tipo de método.

Por último, para poder contextualizar los artículos extraíamos el tipo de sistema software [15] en el que se basaban los diferentes estudios. 16 artículos hacían referencia a software embebido (62%), 9 artículos a software a medida (35%), 6 artículos a producto software (23%) y 3 artículos a micro-programas (12%). Hay que considerar que un artículo puede estar englobado en varios tipos de sistema software a la vez. Si nos centramos en qué se vende podemos observar que existe una tendencia a considerar los *Smart Products* a la hora de hablar de software embebido para hardware.

La definición de *Smart Product* fue planteada como pregunta de investigación (RQ1). Los resultados obtenidos en la revisión sistemática revelan que la mayor parte de los autores, 15 artículos (58%) no aporta ninguna definición o da una definición propia: 6 artículos dan una definición propia (23%); y 9 (35%) artículos no aportan ninguna definición. Dentro de los artículos que sí aportan definiciones observamos que 8 artículos (31%) lo hacen para hablar de *Smart Products*, mientras que 5 artículos (19%) lo hace para hablar de *Intelligent Products*. La definición más utilizada para hablar de *Smart Products* es la definición propuesta por

Mühlhauser, utilizada en 6 artículos (19%); seguida por la de Maass y Janzen, utilizada en 5 artículos (19%); y por último por la del SmartProducts Consortium, utilizada en 2 artículos (8%). En cuanto a las definiciones de *Intelligent Products* la más utilizada es la de McFarlan et al., utilizada en 7 artículos (27%), seguida por la de Kärkkäinen et al., utilizada en 3 artículos (12%); y la de Ventä, con 2 artículos (8%). A la hora de valorar estos porcentajes hay que considerar que un mismo artículo puede hacer referencia a más de una definición.

La utilización de *Autonomic Computing* para abordar el estudio de la especificación y el diseño de *Smart Products* fue planteada como otra pregunta de investigación para la revisión sistemática (RQ2). De los datos obtenidos podemos concluir que el conocimiento previo de *Autonomic Computing* sí puede ayudar en la especificación y el diseño de *Smart Products*, de los 26 artículos analizados sólo uno no hacía referencia a ninguna característica que pudiese ser utilizable con el conocimiento de *Autonomic Computing*. En cuanto a tareas de gestión, la más referenciada por los autores al hablar de *Smart Products* es la tarea de auto-configuración, que aparece en 16 artículos (62%); la tarea de auto-optimización aparece en 9 artículos (35%); la tarea de auto-recuperación aparece en 4 artículos (15%); y la tarea de auto-protección aparece en un solo artículo (4%). En cuanto a las características de *Autonomic Computing* la característica que más referenciada es la de conciencia del entorno, que aparece en 21 artículos (81%); la característica de conciencia de sí mismo aparece en 20 artículos (77%); las características de auto-control y la de auto-ajutable aparecen en 16 artículos cada una (62%).

## 5.2 CONCLUSIÓN

Esta sección muestra un resumen de las conclusiones que obtuvimos tras realizar el análisis y síntesis de los datos en el capítulo 4.

El propósito de esta revisión sistemática fue encontrar respuesta a las siguientes preguntas de investigación propuestas en la sección 3.2:

- RQ1. ¿Qué es un Smart Product y cómo se puede definir “smart product” de manera consensuada?
- RQ2. ¿Puede ayudar el conocimiento previo de *Autonomic Computing* a la hora de especificar y diseñar las características de un *Smart Products*?

En esta revisión sistemática hemos analizado 26 artículos entre 2008 y 2011 que respondiesen a las características, necesidades y calidad requerida en este estudio, para dar una respuesta a las preguntas de investigación propuestas.

El trabajo realizado sirve como punto de partida para profundizar en temas de investigación relacionados con *Internet of Thing*, *Ambient Intelligence* y *Autonomic Computing*. Las posibles aplicaciones de estos campos son muy grandes, si bien el enfoque de este trabajo ha sido dirigido a la Ingeniería del Software y de sistemas para poder encaminar la futura investigación en temas de *Smart Cities*. El concepto de Smart City se encuentra actualmente en desarrollo en toda Europa con diferentes proyectos como *Smart City Malaga*, *Smart City Amsterdam*, *Smart Santander*, *Smart City Malta* y a nivel mundial con proyectos como *Ecocity Model Japan o Kochi Smart City*, por citar alguno.

### 5.2.1 ¿Qué es un Smart Product?

Podemos concluir que existen diferentes definiciones que nos dicen qué es un *Smart Product*, si bien estas definiciones cuentan con una serie de características comunes no existe un consenso o punto de vista común a la hora de hablar de *Smart Products*.

En los distintos trabajos analizado hemos observado que las definiciones más utilizadas son las referentes a *Smart Product* y a *Intelligent Product*, ya que el concepto de *Smart Object* o *Intelligent Object* se puede agrupar dentro de los anteriores, ya que los autores que los utilizan no dan una definición e estos conceptos o dan una definición propia que no aporta valor con respecto a las ya existente de otros autores.

Cabe destacar la necesidad de estandarizar las características que debe poseer un producto para ser considerado un *Smart Thing*—concepto que surge a partir del metamodelo definido en la Ilustración 15. En este trabajo hemos podido observar que si un *Smart Thing* posee la característica de Información de producto, la característica de Lenguaje, o la característica de Identificación Global, se tratará de un *Intelligent Product*; mientras que si posee la característica de personalización, o la característica de Conciencia Empresarial, se tratará de un *Smart Product*; el resto de características—Tabla 12—pueden aplicarse tanto a *Smart Products* como a *Intelligent Products*.

En cuanto al contexto de la aplicación de las diferentes definiciones hemos observado que tanto *Intelligent Product* como *Smart Product* pueden aplicarse en el contexto de *IoT*, de *PLM* o de *AI*. Si bien sólo se habla de *Smart Product* cuando nos encontramos en el contexto del diseño, no podemos determinar que siempre que nos encontremos en este contexto estaremos tratando con *Smart Product*, ya que el diseño es un área transversal que puede aplicarse en muchos campos.

Utilizando el lenguaje UML 2.3 hemos propuesto la ontología de la Ilustración 16 para la definición de *Smart Thing* en base a las definiciones que hemos localizado en este trabajo. La ontología propuesta en la Ilustración 17 permite establecer qué definición es adecuada al hablar de *Smart Thing* en base al contexto en el que se localice el estudio.

### 5.2.2 ¿Puede ayudar el conocimiento previo de *Autonomic Computing* a la hora de especificar y diseñar las características de un *Smart Products*?

Según los resultados obtenidos en este estudio podemos concluir que *Autonomic Computing* sí puede ayudar a la hora de especificar y diseñar *Smart Products*.

Aunque existen distintas definiciones para hablar de un *Smart Thing*—*Smart Product* o *Intelligent Product*—todas estas definiciones se pueden apoyar en las propiedades descritas para *Autonomic Computing* de conciencia de sí mismo, conciencia del entorno, auto-control y auto-ajustable; estas definiciones también se pueden apoyar en la tarea de gestión descrita para *Autonomic Computing* de Auto-configuración.

Mediante el lenguaje UML hemos propuesto la ontología de la Ilustración 21 para determinar la relación existente entre las propiedades de *Autonomic Computing* y las características de los *Smart Thing* a la hora de abordar su especificación y diseño.

### 5.3 TRABAJO FUTURO

Tras la realización de este estudio quedan abiertas varias líneas de trabajo que se comentan a continuación.

**Estandarización de las definiciones y conceptos.** La definición de un estándar serviría para poder establecer un punto de partida común entre los distintos investigadores y permitiría un mayor control a la hora de diseñar este tipo de productos, ya que se contaría con unas características mínimas que deben tener para poder ser considerados *Smart Thing*. La estandarización es un trabajo complicado, en este estudio hemos utilizado UML para la definición de ontologías que permitan dar un paso hacia la estandarización de la definición de los *Smart Products*, ya que este tipo de productos parece que van a ser la base de muchos de los futuros desarrollos.

**Especificación de un método para especificación, diseño y construcción de *Smart Products* de manera sistemática siguiendo *Autonomic Computing*.** En este estudio hemos concluido que *Autonomic Computing* puede ayudar a la hora de especificar y diseñar *Smart Products*. La futura línea de trabajo sería comprobar si la sistematización de la especificación y el diseño de *Smart Products* pueden llevarse a cabo a través de las propiedades de *Autonomic Computing*. La sistematización se centrará en cómo implementar las características de un *Smart Product* con el objetivo de facilitar que los *stakeholders* implicados en la especificación y el diseño puedan utilizar el conocimiento previo que posean de *Autonomic Computing*.

## REFERENCIAS

- [1] H. Paul, "Autonomic computing: IBM perspective on the state of information technology," in *AGENDA 2001, Scottsdale*, 2001.
- [2] B. Kitchenham and S. Charters, "Guidelines for performing Systematic Literature reviews in Software Engineering Version 2.3," Keele University and University of Durham, 2007.
- [3] C. Olszak, "The Use of ICT for Economic Development in the Silesian Region in Poland," *Interdisciplinary Journal of Information*, 2011.
- [4] J. D. Skyrme, *Knowledge Networking: Creating the Collaborative Enterprise*. 1999.
- [5] J. Dedeker, W. Codenie, J. Deleu, S. Vermael, and P. Lantini, "The Art of Crafting Smart Products," in *The art of software innovation*, P. Minna, W. Codenie, N. Boucart, and J. A. Heredia, Eds. Springer, 2011, pp. 79–92.
- [6] R. Sterritt, "Autonomic computing," *Innovations in Systems and Software Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 79–88, Mar. 2005.
- [7] T. Dybå and T. Dingsøy, "Empirical studies of agile software development: A systematic review," *Information and Software Technology*, vol. 50, no. 9–10, pp. 833–859, Aug. 2008.
- [8] B. Kitchenham, O. Pearl Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey, and S. Linkman, "Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review," *Information and Software Technology*, vol. 51, no. 1, pp. 7–15, Jan. 2009.
- [9] M. Turner, B. Kitchenham, P. Brereton, S. Charters, and D. Budgen, "Does the technology acceptance model predict actual use? A systematic literature review," *Information and Software Technology*, vol. 52, no. 5, pp. 463–479, May 2010.
- [10] J. Díaz, J. Pérez, P. P. Alarcón, and J. Garbajosa, "Agile product line engineering-a systematic literature review," *Software: Practice and Experience*, vol. 41, no. 8, pp. 921–941, Jul. 2011.
- [11] C. K. Cheng, R. B. Permadi, and R. Feldt, "Evaluation and Measurement of Software Process Improvement - A Systematic Literature Review," *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. X, pp. 1–29, 2011.
- [12] "Mendeley." [Online]. Available: <http://www.mendeley.com/>.
- [13] D. S. Cruzes and T. Dybå, "Research synthesis in software engineering: A tertiary study," *Information and Software Technology*, vol. 53, no. 5, pp. 440–455, May 2011.
- [14] J. Popay, H. Roberts, and A. Sowden, "Guidance on the conduct of narrative synthesis in systematic reviews," *A product from the ...*, no. April 2006, pp. 1–92, 2006.

- [15] L. Xu and S. Brinkkemper, "Concepts of product software," *European Journal of Information Systems*, vol. 16, no. 5, pp. 531–541, Oct. 2007.
- [16] W. Maass and S. Janzen, "Dynamic Product Interfaces : A Key Element for Ambient Shopping Environments," *20th Bled E-conference*, 2007.
- [17] D. McFarlanea, S. Sarmab, J. L. Chirna, C. . Wonga, and K. Ashton, "Auto ID systems and intelligent manufacturing control," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 16, no. 4, pp. 365–376, 2003.
- [18] M. Kärkkäinen, "Efficient tracking for short-term multi-company networks," *International Journal of ...*, vol. 34, no. 7, pp. 545–564, 2004.
- [19] O. Ventä, "Intelligent Products and Systems," *VTT PUBLICATIONSVTT PUBLICATIONS*, vol. 635, 2007.



## ANEXO A. ESTUDIOS SELECCIONADOS

- [S1] M. Mühlhäuser, "Smart products: An introduction," *Constructing Ambient Intelligence*, pp. 158–164, 2008.
- [S2] M. Sabou, J. Kantorovitch, A. Nikolov, A. Tokmakoff, X. Zhou, and E. Motta, "Position Paper on Realizing Smart Products : Challenges for Semantic Web Technologies," *Networks*, pp. 135–147, 2009.
- [S3] T. Ahram and W. Karwowski, "User-centered systems engineering approach to design and modeling of smarter products," *System of Systems Engineering (SoSE), 2010 5th International Conference on*, pp. 1 – 6, 2010.
- [S4] T. Ahram and W. Karwowski, "Social Networking Applications : Smarter Product Design for Complex Human Behaviour Modeling," *New York*, pp. 471–480, 2011.
- [S5] A. Nijholt, "Google home: Experience, support and re-experience of social home activities," *Information Sciences*, vol. 178, no. 3, pp. 612–630, Feb. 2008.
- [S6] K. Islam, J. Sarkar, and K. Hasan, "A framework for smart object and its collaboration in smart environment," , *2008. ICACT 2008.*, pp. 852–855, Feb. 2008.
- [S7] W. Maass and A. Filler, "Reasoning on smart products in consumer good domains," *Constructing Ambient Intelligence*, pp. 165–173, 2008.
- [S8] T. Kowatsch, W. Maass, and A. Filler, "Knowledge-based bundling of smart products on a mobile recommendation agent," *Mobile Business, 2008.*, pp. 181–190, 2008.
- [S9] P. Valckenaers and H. V. Brussel, "Intelligent Products: Intelligent Beings or Agents?," vol. 266, pp. 295–302, 2008.
- [S10] S. Baïna and H. Panetto, "New paradigms for a product oriented modelling: Case study for traceability," *Computers in industry*, vol. 3, pp. 172–183, 2009.
- [S11] G. Meyer, K. Främling, and J. Holmström, "Intelligent products: A survey," *Computers in Industry*, 2009.
- [S12] T. S. López, D. C. Ranasinghe, B. Patkai, and D. McFarlane, "Taxonomy, technology and applications of smart objects," *Information Systems Frontiers*, vol. 13, no. 2, pp. 281–300, Aug. 2009.
- [S13] S. Rijdsdijk, "How Today's Consumers Perceive Tomorrow's Smart Products\*," *Journal of Product Innovation*, no. January 2007, 2009.
- [S14] Y. Zheng and X. Gao, "Information resonance in intelligent product interface design," *Design & Conceptual Design*, 2009., pp. 1353–1356, Nov. 2009.

- [S15] P. Valckenaers, B. S. Germain, P. Verstraete, J. Van Belle, and H. Van Brussel, "Intelligent products: Agere versus Essere," *Computers in Industry*, vol. 60, no. 3, pp. 217–228, Apr. 2009.
- [S16] D. Peters and P. Papalambros, "Relationship between coupling and the controllability Gramian in co-design problems," *Control Conference (ACC)*, no. 7, pp. 623–628, 2010.
- [S17] M. Ständer, "Bridging the Gap between Users and Smart Products," *IEEE*, pp. 859–860, 2010.
- [S18] M. F. Zaeh, G. Reinhart, M. Ostgathe, F. Geiger, and C. Lau, "A holistic approach for the cognitive control of production systems," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 24, no. 3, pp. 300–307, Aug. 2010.
- [S19] Y. Liu, "The research about information interaction design based on the usability of intelligent product," *Networking and Digital Society (ICNDS)*, 2010, pp. 323–326, 2010.
- [S20] T. Nakajima, Y. Kinebuchi, and A. Courbot, "Composition kernel: a multi-core processor virtualization layer for rich functional smart products," *for Embedded and*, pp. 227–238, 2011.
- [S21] T. Ahram, W. Karwowski, and B. Amaba, "Collaborative systems engineering and social-networking approach to design and modelling of smarter products," *Behaviour & Information Technology*, vol. 30, no. 1, pp. 13–26, Jan. 2011.
- [S22] G. Biamino, "So Smart-modeling social contexts to improve smart objects awareness in pervasive computing environments," *Pervasive Computing and Communications*, pp. 393–394, 2011.
- [S23] D. Kiritsis, "Closed-loop PLM for intelligent products in the era of the Internet of things," *Computer-Aided Design*, vol. 43, no. 5, pp. 479–501, May 2011.
- [S24] S. Kunz, B. Fabian, H. Ziekow, and D. Bade, "From Smart Objects to SmarterWorkflows – An Architectural Approach," *2011 IEEE 15th International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops*, pp. 194–203, Aug. 2011.
- [S25] I. Niskanen, "Towards the future smart products systems design," *Pervasive Computing and*, pp. 313–315, 2011.
- [S26] A. Zouinkhi, E. Bajic, E. Rondeau, and M. B. Gayed, "Ambient Intelligence: Awareness context application in industrial storage," 2011.